

Morphogenèse de la Ville Contemporaine : Essai sur la multi-échelle

THÈSE N° 4593 (2009)

PRÉSENTÉE LE 1^{ER} AVRIL 2010

À LA FACULTÉ ENVIRONNEMENT NATUREL, ARCHITECTURAL ET CONSTRUIT
LABORATOIRE DE PROJET URBAIN, TERRITORIAL ET ARCHITECTURAL
PROGRAMME DOCTORAL EN ENVIRONNEMENT

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

Jong-Jin PARK

acceptée sur proposition du jury:

Dr D. Robinson, président du jury
Prof. P. Berger, directeur de thèse
Monsieur E. Caille, rapporteur
Monsieur F. Geipel, rapporteur
Prof. F. Golay, rapporteur



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Suisse
2010

Candidat au doctorat : **Jong-Jin Park**

Directeur de thèse : Prof. **Patrick Berger**

Président du jury : Dr. **Darren Robinson**

Rapporteur : Prof. **François Golay**

Rapporteur : M. **Finn Geipel**

Rapporteur : M. **Emmanuel Caille**

Lausanne, le 16 DEC 2009

Il n'y a pas de choses simples, mais il y a une manière simple de voir les choses

Paul Valéry

Table des matières

Version abrégée	11
Abstract	13
1. Introduction	17
1.1 Préambule	17
1.2 Contexte de la recherche	20
2. Postulats et objectifs de la recherche	25
2.1 Postulats	25
2.2 Objectifs	27
2.3 Méthode & Matériaux	28
3. Sujets de recherche et leurs théories	35
3.1 Phénomènes et lois urbains, "Morphogenèse"	35
3.1.1 Phénomène urbains et lois urbaines	35
3.1.2 Formes et processus, "Morphogenèse"	37
3.1.3 Nouvelles morphologies urbaines	39
3.2 "Programmes" et organisation de la ville	42
3.2.1 Le programme organisant la ville	42
3.2.2 Reproduction et évolution du programme	43
3.3 Formes complexes et "Symétrie"	46
3.3.1 La Symétrie, une raison d'être de la nature et de la ville	46
3.3.2 Des milieux fractals à la théorie constructale	50
3.4 Nouvelle représentation, "géométrie dynamique" comme outil d'analyse et de projet	53
3.4.1 Abstraction et mesures géométriques	53
3.4.2 Représentation interactive et forme dynamique	56
Perspective et discussion	59
4. Phases de la recherche	63
4.1 Observation : de l'Ouest lausannois vers la ville de Lausanne	63
4.1.1 Métropole et Arc lémanique	63
4.1.2 Ouest Lausannois dans l'agglomération de Lausanne comme zone d'étude	67
4.1.3 Analyse chronologique	69
4.1.4 Analyse programmatique	75
Perspective et discussion	80
4.2 Modélisation de base	81
4.2.1 Modèle théorique : vers une nouvelle représentation de la métropole	81
4.2.2 Morphologie dynamique & Morphogenèse	83
4.2.3 Multi-échelle : entité construite, groupe d'invariant, système urbain, milieu continu vers Σ	85
Perspective et discussion	88

4.3 Quatre nouvelles échelles, modèle théorique de " multi-échelle "	89
4.3.1 Echelle d'" Entité construite "	89
- Définitions	89
- De l'individualité vers une identité collective	92
- Apparition des programmes et interaction	94
- Dynamique de l'entité construite en tant que symbole, et " perpendicularité, \perp "	97
<i>Perspective et discussion</i>	99
4.3.2 Echelle de " Groupe d'invariant "	100
- Définition	100
- Détection & qualification de <i>groupe d'habitat</i>	105
- Lois de croissance : <i>complétude, extension, densification et dissociation</i>	114
- Dynamique des groupes	117
<i>Perspective et discussion</i>	119
4.3.3 Echelle de " Système urbain "	120
- Définitions	120
- Application de " centre de gravité programmatique "	123
- Programmes, activités et leurs valeurs	126
- Dynamique du système urbain : centre mouvant et d'équilibre	131
<i>Perspective et discussion</i>	140
4.3.4 Echelle de " Milieu continu "	141
- Définitions	142
- Dynamique du " milieu continu "	145
- Notion et forme de connectivité	147
- (Dé) localisation des grands équipements et effet dynamique	149
<i>Perspective et discussion</i>	151
 4.4 Optimisation : La symétrie comme géométrie optimale	153
4.4.1 " <i>Pattern formation</i> " : lois locales simples et apparition de " <i>pattern</i> "	153
4.4.2 " <i>Equidistance</i> " et "loi de puissance" : $d_n = d_m$ et $d_n = d_0^{(1/k)n}$	156
4.4.3 " <i>Contrainte et Ressource</i> " : adaptation progressive des systèmes à l'environnement	158
<i>Perspective et discussion</i>	163
 5. Représentation dynamique	167
5.1 Scénario d'expérimentation en processus ascendant	167
5.2 Expérimentation dynamique et géométrique : l'Ouest lausannois vers la métropole lémanique	171

6. Conclusions	189
6.1 Résultats	189
" Ville organique " : Complexité, Evolution & Optimisation	
6.1.1 Symétrie : Invariance-Transformation urbaine	
6.1.2 Multi-échelle : Emergence des nouvelles notions & dynamiques	
6.1.3 Représentation - Morphogenèse : Outil d'aide à la décision & Planification stratégique	
6.2 Perspectives	199
Terminologie	205
Théories	209
Bibliographie	217
Curriculum Vitae	221
Remerciement	222

Version abrégée

MORPHOGENESE DE LA VILLE CONTEMPORAINE : ESSAI SUR LA MULTI-ECHELLE

La croissance instable, l'étalement sans fin et la fragmentation multiple sont des phénomènes urbains contemporains qui font appel à de nouvelles investigations et interprétations sur l'effet de la forme physique sur la ville d'aujourd'hui.

La ville est comme un organisme vivant à structure évolutive qui adopte des principes d'économie dans ses processus tout en maintenant sa forme. La ville est ainsi capable d'auto-organisation par l'interaction des programmes. Dans le cadre de la recherche, ce processus dynamique nommé "morphogenèse urbaine", provenant d'une logique de nature, est une approche d'ingénierie qui se base sur les concepts de symétrie - invariance, transformation, et réorganisation des échelles locales aux échelles globales.

Un objectif principal visé est la représentation de l'évolution et la complexité de la forme de la ville. Pour ce faire, nous proposons un modèle théorique de l'échelle urbaine basé sur le processus ascendant. La "multi-échelle" que nous avons établi comporte un ensemble de notions dynamiques pour décrire la transformation de la ville. Les dynamiques sont principalement appliquées à l'apparition de programmes, à la reproduction des groupes, au centre mouvant selon équipements collectifs et à la limite flexible des milieux continus. Le modèle peut également contribuer à expliquer la (dé) localisation de grands programmes dans des milieux urbains instables.

Pour tester le nouveau modèle les zones d'agglomération de Lausanne dans la métropole lémanique ont été analysées et expérimentées. Ce modèle utilise des codes géométriques simples : "—, Δ , \square , \circ " servant de nouveau langage d'analyse pour les zones métropolitaines. Notre recherche tente de mettre en application la "représentation -morphogenèse" de l'Ouest-lausannois en termes de morphologie dynamique urbaine.

L'évolution de la recherche fera avancer la discussion suivante: « La forme urbaine et celle de la nature seraient-elles toutes deux symétriques dans leur processus de morphogenèse ? »

Mots-clefs : phénomènes urbains, forme de la ville, organisme vivant, auto-organisation, interaction des programmes, morphogenèse urbaine, concepts de symétrie, multi-échelle, représentation - morphogenèse, codes géométriques simples

Abstract

CONTEMPORARY CITY MORPHOGENESIS: MULTI-SCALE MODEL EXPERIMENTS

Unstable growth, unlimited urban sprawl, and multiple fragmentations are contemporary urban phenomena requiring new investigations and interpretations of the physical impact of form on today's cities.

The city as a living organism with an evolving structure adopts a principle of economy in its form generating process. The city is indeed capable of auto-organization by interaction of its programs. In the frame of this research, this dynamic process named "urban morphogenesis", originating from a logic of nature, is an engineering approach which uses concepts of symmetry - invariance, transformation, and reorganization - from local to global scales.

The evolution and complexity of the contemporary city's form could be explained in a new and simple model operating with dynamic notions. A theoretical "multi-scale" model based on ascendant process that uses a set of dynamic notions was set up to accurately describe the city's transformations. The dynamics are mainly applied to the appearance of programs, to the reproduction of habitat groups, to the movement of urban centres due to the presence of new collective programs and to the flexible limit of continuous urban systems. The model can also contribute to explain strategic (de) localizations of important public programs in unsteady areas.

To test the new model, the agglomeration areas of Lausanne located in the middle of "Métropole lémanique" were chosen as experiment subjects. Hopefully, this polyvalent "morphogenesis representation" model based on the following simple geometric codes: "—, Δ , \square , \bigcirc " will serve to generate new insights and analyses of metropolitan areas.

Evolution of the research will make progress the following debate: "Are both nature's forms and the urban form symmetrical in their morphogenesis?"

Key words: urban phenomena, city's form, living organism, auto-organization, interaction of programs, urban morphogenesis, concepts of symmetry, multi-scale model, morphogenesis representation, simple geometric codes

1 2 3 4 5 6

1. L'introduction

1.1 Préambule

Le phénomène de morphogenèse¹ de la ville contemporaine engendre de nouvelles notions en matière de représentation dynamique pour comprendre, expliquer et si possible maîtriser la forme des métropoles urbaines d'aujourd'hui.

La ville est considérée ici comme un organisme vivant qui maintient sa structure évolutive et complexe. Lorsque la ville s'auto-organise selon les programmes en constante interaction elle se transforme et produit des invariants qui se répètent. Les formes d'organisation élémentaire établissent par la suite l'ensemble des groupes, des systèmes de l'échelle locale à l'échelle globale, définissant ainsi l'identité propre de la ville, entre environnement naturel et construit.

Le processus de morphogenèse présent à travers les échelles fait ainsi émerger de nouvelles notions dynamiques dans la représentation et amène une nouvelle morphologie de métropoles d'aujourd'hui.

Métropolisation et transformation des villes

Les sociétés occidentales sont en effet en mutation et entrent dans une nouvelle phase de la modernité qui voit évoluer profondément les manières de penser et d'agir, les sciences et techniques, les relations sociales, l'économie, les inégalités sociales, les formes de la démocratie. Ces mutations impliquent et rendent nécessaires des changements importants dans la conception, la production et la gestion des villes et des territoires.² La majeure partie des grandes villes dans le monde sont touchées par le phénomène de la métropolisation. Elles entrent dans une nouvelle ère incertaine et radicale. Les villes se développent rapidement. Elles génèrent un état construit parfois saturé. Ceci engendre notre laboratoire d'expérimentation. Il devient difficile de comprendre et de gérer l'effet physique de la transformation des villes. En analysant la dynamique urbaine complexe, nous commençons à percevoir autrement la forme et la structure, en particulier, celles des territoires périphériques où se trouve la principale mutation actuelle de la métropole.

Phénomène, forme urbaine et nouvelle représentation dynamique

Les phénomènes urbains tels que la croissance, l'étalement et la fragmentation exigent une observation précise de nos villes contemporaines afin d'interpréter autrement leurs effets physiques

¹ La morphogenèse, c'est-à-dire l'ensemble des mécanismes expliquant l'apparition reproductible de structures et contrôlant leur forme, BOURGINE P. et LENSE A. (dir.), *Morphogenèse*, Paris : Belin, 2006, p.13. C'est une question fondamentale dans toutes les sciences de la nature. Nous appliquons ce terme à l'urbanisme pour expliquer la morphologie dynamique de la métropole.

² ASCHER François, *Les nouveaux principes de l'urbanisme*, Paris : Edition de l'Aube, 2001 et 2004, p.8

dans les milieux urbains. Nous considérons ainsi que l'état urbain est instable et la forme urbaine est dynamique. Jusqu'à aujourd'hui l'analyse de la morphologie urbaine s'est fait de manière statique, ne permettant pas de suivre l'évolution ni les équilibres successifs de la ville. La présente recherche se base sur la complexité phénoménologique et prend en compte les facteurs dynamiques tels que l'interaction et l'évolution. La nouvelle représentation que nous proposons ici se base sur des lois de morphogenèse qui expliquent la forme urbaine dynamique.

Symétrie malgré la complexité!

Les organismes dans la nature sont souvent symétriques pour mieux s'adapter à la gravité. Ils suivent naturellement les principes d'économie par des formes d'organisation simple ou plus complexe. C'est l'effet et l'art d'optimisation basée sur la symétrie. La plupart des réflexions sur l'architecture et l'urbanisme décrivent la symétrie comme étant une forme pouvant être obtenue par un simple effet miroir. En parlant de la forme évolutive de la ville, la symétrie se manifeste par l'invariance lors de la transformation accompagnée de l'organisation. La symétrie est conçue généralement de façon réductrice dans la culture d'inversion, comme le résultat de toute opération d'inversion, de translation, de rotation et d'homothétie. Ces paramètres complexes ont engendré comme de nombreuses formes géométriques propres à ces opérations. La symétrie se dissout dans le processus de " morphogenèse urbaine " qui est une approche d'ingénierie basée sur la - reproduction, transformation, et réorganisation - de l'échelle locale à l'échelle globale. On constate alors que la forme complexe de la ville peut se représenter autrement dans ce processus de morphogenèse!

Programme et " auto-organisation " de la ville

Le programme architectural ne peut plus simplement être une réponse à la fonction d'un bâtiment. Aujourd'hui nous projetons l'idée que le programme devrait être perçu comme moteur d'interaction et de dynamique entre les différents éléments des milieux urbains. Ces éléments interagissent les uns avec les autres - ils s'attirent ou se repoussent - selon leur caractère programmatique et leur localisation. Le programme commence ainsi à s'inscrire dans le système complexe de la ville. Il a la capacité de se reproduire et d'évoluer afin de mieux s'adapter et de modifier sa finalité dans l'espace et le temps. Nous pourrions observer que la ville se transforme et s'auto-organise selon les divers programmes et leur valeur culturelle et sociale.

Modèle de " Multi- échelle " et notions dynamiques

Suivant le principe de la morphogenèse, il devient nécessaire de redéfinir les différentes étapes de transformation et de proposer des notions dynamiques pour décrire la nouvelle morphologie urbaine. L'échelle descendante, qui est un processus traditionnel à quatre échelles – " Ville, Quartier, Ensemble et Edifice " - est remplacée par quatre niveaux d'échelles ascendantes que nous proposons comme suit: " Entité construite, Groupe d'invariant, Système urbain, et Milieu continu ". Cette ascendance fait apparaître des nouvelles dynamiques essentielles de l'état urbain actuel. Ces dynamiques s'appliquent à l'apparition de programme, à la reproduction des groupes d'habitat, au déplacement du centre du système urbain et à la variation des limites des systèmes urbains successifs. De plus, une autre dynamique se caractérise par la localisation de grands programmes dans des zones instables.

Figures élémentaires et code géométrique

Pour la représentation, nous proposons les figures élémentaires suivantes, " —, Δ , \square ... \bigcirc " qui proviennent de l'approche anthropologique de l'habitat ayant des propriétés géométriques singulières. La reproduction et la transformation de figures simples suivent la dynamique de groupes basée sur les quatre lois morphologiques de morphogenèse proposées : "complétude, extension, densification et dissociation". Dans une échelle supérieure, ces figures démontrent ensuite comment les systèmes urbains agissent les uns sur les autres pour créer un "milieu continu" afin qu'ils servent comme codes géométriques de la nouvelle représentation dynamique.

Représentation d'une morphogenèse urbaine

Par le biais de l'observation des phénomènes et l'établissement de lois urbaines, cette recherche propose un modèle théorique de " multi-échelle " afin d'établir une série de notions dynamiques. Nous proposons une autre compréhension et une autre explication de la forme complexe de la ville d'aujourd'hui. Enfin, nous proposons une nouvelle représentation construite de la métropole. Celle-ci pourrait servir d'alternative et permettrait la prise en compte en amont des nombreux acteurs : les habitants, les associations, les politiciens et les planificateurs de par sa polyvalence et sa lisibilité de sa représentation.

1.2 Contexte, caractère et limite de la recherche

Le professeur Patrick Berger et les collaborateurs scientifiques (Dr. Bassel Farra et M. Philippe Bonhôte) ont développé une série de recherches et de projets d'atelier sur la métropole dans le laboratoire, UTA-INTER-EPFL.

Le laboratoire privilégie en général trois axes de travail et de recherche ³ :

- *La compréhension et la représentation de l'environnement naturel et construit.*
- *Les programmes et la notion de morphogenèse*
- *Les différentes échelles de projet de l'environnement et de la ville*

Pour la recherche, P. Berger suppose que les grandes problématiques de l'urbanisme d'aujourd'hui touchent donc à la compréhension même de la forme physique de l'état urbain, à son évolution, à la définition des programmes destinés à la transformer, et à leur mise en forme.

En 2002, Frédéric Bonnet (Architecte, collaborateur extérieur) a développé un outil informatique de représentation de l'environnement, mettant en évidence, sous une forme graphique géométrique, les influences réciproques des ordres naturels et construits de l'environnement, dans la complexité actuelle de sa forme visible (topographie, équipements, infrastructures, réseaux, bâti) ⁴. C'est l'aboutissement du premier axe.

P. Berger a exprimé les trois problématiques du projet, Morphogenèse qui suit le 2^{ème} axe:

- *L'urbain, comme un organisme vivant, est un système complexe, dynamique et autogène.*
- *La nécessité de comprendre et représenter la morphogenèse*
- *La dynamique et réorganisation de l'état construit par le programme*

En 2005, " la morphogenèse de la métropole " du laboratoire UTA a pour objectif de proposer une nouvelle représentation phénoménologique et de développer un outil de géosimulation de la morphogenèse de la métropole, s'est lancée en constituant l'équipe de travail interdisciplinaire : Dr. Corinne Plazanet (Géo-maticienne), Vitor Silva (Géo-maticien) et Jong-Jin Park (Architecte). L'articulation du travail avec l'équipe interdisciplinaire est décrite ci-dessus. (voir schéma en **fig.1.2.1**)

C. Plazanet a ainsi établi le positionnement et les étapes du projet "Morphogenèse" et aussi développé les points suivants sous la direction du prof. P. Berger.

- *Méthodes – Multi-agent, Vecteur et Multi-échelle*
- *Établissement et application de lois d'influence fonctionnelle (attraction-répulsion) & Apparition d'un programme et effet dynamique aux milieux urbains*
- *Modélisation d'échantillon - Périurbaine, " l'Ouest Lausannois " : **l'apparition de programme et la dynamique urbaine***

³ Le contexte de la recherche est basé sur les textes du site Internet, <http://www.uth.epfl.ch>

⁴ Portrait géométrique de l'arc lémanique, Recherche interdisciplinaire (UTA – LASIG) en financement interne à l'EPF, 2002

Présentement, la thèse de Jong-Jin Park est destinée à observer et à structurer les lois morphologiques de transformation et à préparer le nouveau cadre de la représentation dynamique pour le projet " Morphogenèse de la métropole ". La thèse se caractérise par les " **lois urbaines** ", la " **multi-échelle urbaine** " et la " **représentation morphogénèse** " conçues et encore valables de la ville contemporaine .

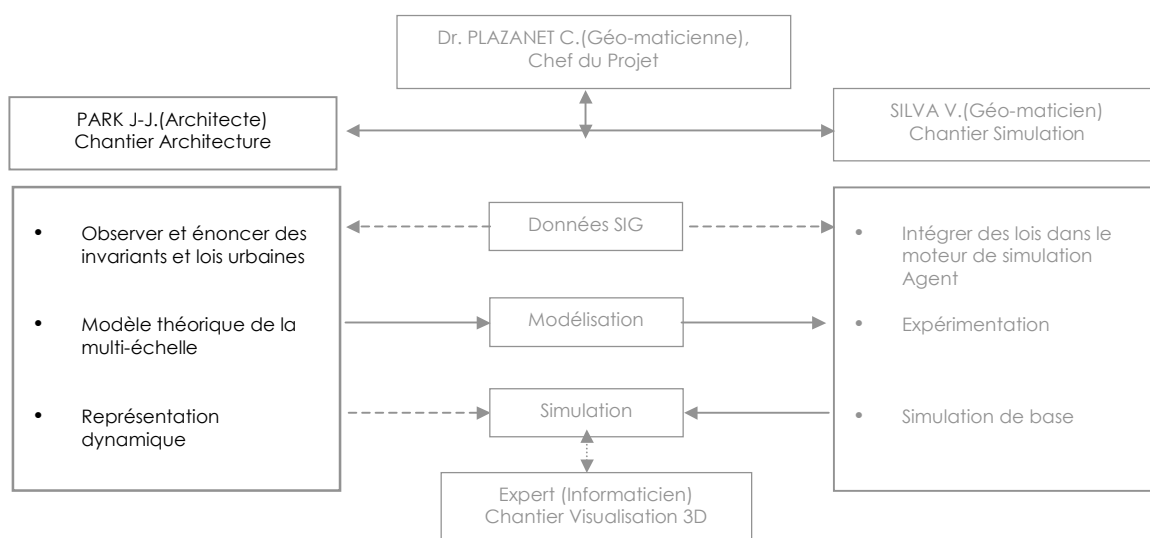


Fig.1.2.1: schéma synthétique des chantiers du projet "Morphogenèse" : chantier de doctorant J-J. Park



En résumé, la thèse consiste à :

- Explorer le champ de la morphogénèse de la ville du point de vue de sa transformation morphologique.
- Etablir et expliciter les différentes échelles d'organisation valable de villes contemporaines en tant que système complexe par l'idée de processus.
- Enfin, représenter la forme et l'effet de ce processus comme " morphogénèse urbaine " qui explique les phénomènes et les dynamiques en milieux urbains.

La présente recherche se caractérise et se limite par les trois points suivants:

Une thèse ouverte

Les hypothèses et les résultats sont ici présentés comme une proposition qui donne accès à une autre compréhension et une autre explication de la morphologie de la ville, comme les esquisses de l'architecte ou de l'urbaniste. Nous avons essayé de démontrer la faisabilité d'une nouvelle approche et les nouvelles notions nécessaires à l'ouverture d'autres voix alternatives. Ainsi, nous envisagions plutôt une thèse ouverte en soi pour faire avancer l'étude sur les dynamiques et la représentation morphogénèse urbaine qui n'est pas encore bien établie.

Une thèse théorique dans l'étude interdisciplinaire

Cette recherche était destinée à l'établissement de la partie théorique du projet de *morphogenèse de la métropole*. (voir aussi Fig.1.2.1). Elle a servi à fournir certains principes de croissance urbaine et un modèle théorique telle que la *multi-échelle* afin que l'autre doctorant puisse établir une plateforme de multi-agent et effectuer la simulation urbaine de base. L'aboutissement de la simulation urbaine n'est fait pas la partie de cette recherche. Elle a pris le rôle d'ouvrir une nouvelle approche pour développer la dynamique et la simulation urbaine.

Tous les sujets des phases de cette recherche sont traités par les auteurs en continuité et en lien avec la recherche interdisciplinaire précédente. Par contre, la majeure partie des théories et des dessins de "la morphogenèse de la ville contemporaine : Essai sur la "multi-échelle" constituent la contribution de l'auteur, J-J. Park effectué la sous la direction du Professeur P. Berger. Ainsi, l'auteur a contribué à l'établissement de la *multi-échelle* et de la *représentation-morphogenèse* de cette recherche. Les contributions des autres chercheurs sont décrites ci-dessous ;

- Application de SIG et Manifold : Coordination avec Dr. C.Plazanet, les cartes dans la fig.4.1.3.5 et la fig.4.1.3.6 sont faites par C. Plazanet.
- Dynamique d'entités : Introduction de trois catégories telles que « Attraction & Répulsion, Voisinage et Pouvoir symbolique par C. Plazanet. Dynamique en tant que symbole par J-J. Park
- Détection des groupes d'habitat : l'algorithme par C. Plazanet et Vitor Silva, critères & figures par Jong-Jin Park ; la Fig.4.3.2.17, p. 116 Simulation de croissance des habitats par Vitor Silva.
- Application de Moyenne pondérée : les tables et graphes par Dr J-E. Park (Ingénieur en mécanique) et J.J. Park, pp.132-136

Les subjectivités de la thèse

« Lois conceptuelles » : l'observation des phénomènes et l'établissement de lois urbaines sont obtenus par l'analyse des plusieurs cartes et la visite des sites. Ici, le mot, *loi* que nous utilisons est plutôt conceptuel. Dans cette recherche, l'expression des lois urbaines à l'aide de formules mathématiques n'est pas notre but. En tant qu'architecte ou urbaniste, nous observons des événements et des conséquences dans les différents temps et les renommons conceptuellement tels que lois urbaines par la probabilité et la régularité observées afin que nous puissions expliquer la transformation morphologique.

« Réflexion et application des mots scientifiques à l'urbanisme » : nous avons utilisé certains mots biologiques ou physiques en préparant les sujets et le modèle théorique de la thèse. Par exemple, la symétrie, la complexité, l'évolution, l'optimisation et ainsi de suite. Nous n'avons pas l'intention de manipuler leurs définitions originales. Nous avons essayé de mieux comprendre la logique de la nature et de la ville. Ces mots sont empruntés et réinterprétés dans la proposition d'une nouvelle organisation de l'espace pour la morphologie de la ville.

« Représentation telle que résultat et validation des hypothèses » : Après les chapitres de l'observation et du modèle théorique, nous avons établi le chapitre de la représentation. Nous

supposons que la représentation par les séries de dessins est ici une sorte de résultat et la validation d'idées de la recherche du point de vue de l'architecte qui est différent du point de vue de l'ingénieur. Ces dessins présentés ne sont pas issus d'une simulation automatique par l'ordinateur. Ils sont redessinés à l'aide d'un outil graphique.

Ces aspects semblent subjectifs et non scientifiques dans le point de vue de l'ingénieur et du scientifique. Mais, cette thèse théorique n'est pas une sorte de simple scénario fictif mais plutôt celui d'une expérimentation de la réalité malgré cette subjectivité.

La présente recherche se veut aussi innovante par plusieurs aspects :

Morphogenèse vers une nouvelle morphologie urbaine

La morphologie urbaine décrite par la typologie, le paysage visuel ou l'étude des réseaux est insuffisante pour répondre à la question de l'évolution et des équilibres successifs de la ville. Or, la simulation et la visualisation 3D urbaines sont suffisamment précises grâce au puissant outil informatique mais sous une forme descriptive et figurative. Ici, la forme urbaine sera interrogée dans sa complexité et ses interactions. Les effets des phénomènes urbains seront considérés en tant que résultat de l'interaction des composants urbains. Ainsi, la forme urbaine sera dynamique et évolutive selon le processus de la morphogenèse, processus en attente d'applications concrètes au domaine de l'urbanisme.

La symétrie comme nouveau concept d'organisation & d'optimisation spatiale

Pour la transformation morphologique de la ville, certaines mesures ou propriétés communes retrouvées avec l'opération symétrique telles que la translation, la rotation, la réflexion, l'inversion et l'homothétie expliquent autrement la croissance des groupes d'habitat et des systèmes urbains. La symétrie permet alors de rendre visible le processus de transformation urbaine dans une compréhension dynamique. Elle sert aussi à obtenir une meilleure performance en terme d'organisation spatiale.

Regarder la ville du plus petit vers le plus grand à travers programme.

Ce processus ascendant n'est pas suffisamment expliqué et ne s'adapte pas encore au projet urbain. La notion de programme engendre diverses interactions entre les entités construites dans le processus, l'analyse de la ville contemporaine par la morphogenèse est capable d'expliquer la capacité d'auto-organisation de la ville selon la dynamique programmatique.

Multi-échelle et nouvelles notions dynamiques

L'idée d'un système complexe consiste à identifier ses constituants et leurs interactions, au nouveau modèle de la métropole en termes de multi-échelle. Nous proposons ici les quatre nouvelles échelles d'abstraction nommées – entité construite, groupe d'invariant, système urbain et milieu continu (de trois échelles – macro, méso et micro) selon l'observation et l'analyse de la

morphogenèse de la région de l'Arc lémanique. De l'application de la multi-échelle, découlent de nouvelles notions et des dynamiques qui correspondent à l'état construit urbain actuel.

La géométrie dynamique comme outil d'analyse et de projet

Le rôle de la géométrie dans les projets urbains peut être approfondie. La géométrie des milieux urbains et sa transformation aboutira à faire apparaître la cause et l'effet de phénomènes urbains grâce à sa simplicité et sa lisibilité. En intégrant des notions innovantes de topographie urbaine telles que la " continuité-discontinuité ", l'" intérieur-extérieur ", le " frontière-bord ", à la représentation, les différents acteurs de la ville pourront plus aisément prendre parti et anticiper les décisions nécessaires à tout projet urbain.

1 2 3 4 5 6

2. Postulats et objectifs de la recherche

2.1 Postulats

La ville contemporaine est-elle s'organisée par symétrie ?

Nous partons de l'idée que la ville peut être considérée comme un organisme vivant et qu'elle cherche aussi les formes optimales obtenues par symétrie. Nous postulons que la morphogenèse de la ville aboutit toujours à des résultats symétriques qui sont basés sur la reproduction, la transformation et la réorganisation. L'existence d'invariants dans sa propre transformation dans les différentes échelles serait la clef de cette hypothèse. La forme globale de la ville semble très compliquée mais elle peut se représenter selon un processus et certaines lois qui sont liées étroitement avec la symétrie.

Autour de l'idée initiale, nous posons d'abord des questions sur le nouveau cadre de l'échelle basé sur le processus ascendant de morphogenèse dans cette recherche. Ainsi, nous décrivons les cinq postulats de la *multi-échelle* ci-dessous :

Lorsque les bâtiments construits interagissent selon leurs programmes, la ville est capable de s'auto-organiser

Chaque bâtiment devient un agent cognitif qui interagit avec les autres par son programme. Ils communiquent afin de faire un lien entre eux qu'ils soient identiques ou pas. Des bâtiments possédant un programme singulier et collectif deviennent des éléments attractifs. Nous proposons, ici, l' "entité construite " pourvue d'une dimension d' " individu-sujet ". Elle constitue le premier niveau d'organisation de la ville. La ville s'auto-organise alors en fonction de l'apparition de programmes communs ou singuliers et en fonction de l'interaction entre les bâtiments construits.

Les groupes d'habitat figurés par la reproduction et la transformation d'invariants de forme élémentaire dans la ville

La morphologie de la ville peut être d'abord décrite à partir d'invariants morphologiques de forme de groupes d'habitat, lui-même défini à partir de 3, 4 bâtiments individuels ou plus, symbolisé par: "—, Δ , $\square \dots O$ ". Ces figures telles que la ligne, le triangle, le carré et le cercle sont au fond liés à l'aspect anthropologique de l'espace. Ces formes de groupes d'habitat se reproduisent et, simultanément, se transforment pour mieux s'adapter à l'environnement.

Nous observons que la dynamique de ces groupes se réalise autour du phénomène de croissance de la ville et s'explique grâce à quatre lois de croissance nommées " complétude, extension, densification et dissociation ". Avec ces lois, nous remarquons l'importance d'une distance régulière - équidistance - entre les bâtiments d'habitat. Ce sont les bases de la reproduction et de la transformation symétrique.

La ville se représente par des systèmes dynamiques basés sur un ensemble de programmes collectifs ayant une certaine valeur symbolique

Nous supposons que les groupes d'habitats (ainsi que les groupes d'activités), eux-mêmes rattachés à l'espace public et liés à des équipements collectifs commencent à établir un " système urbain " interactif.

Nous voyons l'intérêt de cette disposition des divers bâtiments à usage collectif qui peuvent caractériser le centre urbain d'aujourd'hui.

Le centre de la ville, ou plutôt du village, a été représenté par des bâtiments historiques du pouvoir comme l'église et l'hôtel de ville avec leur piazza. Avec l'évolution, s'associent divers autres équipements, ainsi la centralité se déplace et se trouve ailleurs. Le point central absolu se retrouve substitué par un champ de plusieurs programmes interactifs. Il s'agit du "centre dynamique". Un nouveau concept du centre mouvant se déduit par la disposition successive et le poids potentiel des équipements.

La ville se réorganise par continuité autour des systèmes urbains : " Milieu continu "

À la suite de la réflexion sur le nouveau centre dynamique nous observons que le système urbain s'accroît et se multiplie. La dynamique initiale a été esquissée par l'établissement de milieux à partir de 3 systèmes urbains continus. Nous appelons cet ensemble de systèmes, " Milieu continu ". L'ancien système individuel se métamorphose en une structure urbaine continue qui assure une diversité et une qualité d'activités urbaines complexes - habiter, produire, distribuer et servir - basée sur la proximité et l'accessibilité.

De plus, le contour délimitant ce milieu continu est souple et peut ainsi se dilater ou se contracter, en réaction aux circonstances environnantes et de leur proximité. Cette dynamique s'introduit par des compositions géométriques des milieux.

" Σ " comme Totalité, La ville contemporaine est étalée et fragmentée... mais continue

Enfin, nous pouvons voir un grand ensemble d'éléments de l'aire urbaine - entités, groupes, systèmes, milieux continus - qui constamment se multiplient et se transforment. De plus, un grand programme s'articule autour de milieux continus et une nouvelle forme de dynamique peut être engendrée. Cette dynamique peut conduire à réorganiser radicalement la " zone instable ". Cette émergence des grands programmes dans la zone instable, qui n'est pas produite par hasard, est une donnée importante dans l'explication d'une autre dynamique urbaine de la métropole.

2.2 Objectifs

L'objectif de la présente thèse est de proposer une nouvelle multi-échelle et une nouvelle représentation dynamique et géométrique de la ville contemporaine afin de pouvoir mieux expliquer la morphogenèse de la métropole d'aujourd'hui, devenue d'une extrême complexité.

Nous allons étudier la symétrie afin d'appréhender la forme urbaine complexe. Nous estimons qu'elle est aussi essentielle pour parler de la transformation dans les domaines de la morphologie urbaine et de l'urbanisme. La définition mathématique de la symétrie nous permet de comprendre et d'expliquer autrement la morphologie dynamique et complexe de la ville. Cette recherche de la morphogenèse est basée sur l'invariant et la transformation de la forme d'organisation de la ville à travers des différentes échelles. La forme de la ville évolue dans un processus, qui à priori semble être le résultat d'une optimisation

La recherche se développe en établissant un nouveau modèle théorique de multi-échelle avec un ensemble de notions dynamiques qui permettront d'expérimenter la transformation de la ville. Ces dynamiques sont principalement appliquées à l'apparition de programmes, à la reproduction des groupes d'habitat, au déplacement du centre urbain à la présence de divers programmes collectifs et à la limite flexible des systèmes urbains continus. Le modèle peut également contribuer à l'explication de la (dé) localisation stratégique des grands équipements publics dans des zones instables.

La représentation dynamique recadrée par la multi-échelle a été testée sur une zone périphérique de Lausanne. Cette représentation dynamique servira d'abord à engendrer une nouvelle forme d'organisation de l'état urbaine basée sur des codes géométriques simples. Ensuite, elle nous donnera accès à de nouvelles compréhensions et de nouvelles modalités d'analyses des zones métropolitaines.

En résumé, les objectifs de la recherche sont les suivants :

- ***Proposer une nouvelle représentation dynamique de la ville contemporaine à l'aide de codes géométriques simples***
- ***Établir et énoncer le modèle théorique selon les multi échelles et les notions de dynamique en considérant le processus ascendant***
- ***Expérimenter la transformation de l'aire urbaine de Lausanne par la nouvelle représentation du principe de morphogenèse urbaine.***

2.3 Méthode & matériaux

Méthodologie

La "morphogenèse urbaine" est initialement destinée à l'observation des phénomènes urbains et à l'établissement de lois urbaines morphologiques. Ensuite, nous passons à l'étude du modèle théorique basé sur les multi échelles et les dynamiques urbaines. Enfin, nous allons expérimenter le processus de transformation d'une zone d'étude comme l'Ouest lausannois, une zone périphérique de Lausanne, dans la métropole lémanique.

- **Observation** – explication de phénomènes urbains & établissement de lois urbaines
- **Modèle théorique** – notions et dynamiques de la multi-échelle
- **Représentation** – visualisation du processus de métamorphose urbaine

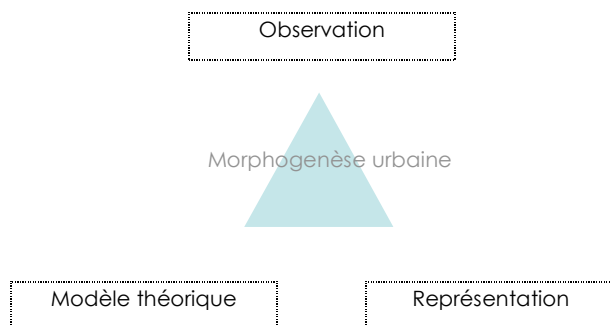


Fig.2.3.1: trois chantiers de méthode de la recherche

Zone d'étude et d'expérimentation

La Zone d'étude pour l'observation et d'expérimentation se concentrent sur les 6 communes périphériques de l'Ouest Lausannois de la métropole lémanique

Éléments principaux à étudier, la " multi-échelle " et les dynamiques

- *Individus construits*
- *Groupes d'habitat*
- *Systèmes urbains*
- *Milieus continus*

Processus

Le plus petit vers le grand (processus ascendant)

Outils d'analyse (voir aussi Fig.4.1.3.1 : méthode proposée pour l'analyse construite)

La base de données

- *SIG [fonction, coordination (x,y), morphologie de bâtiments (nombre de sommets, faces et côtés ; volume par hauteur et surface etc...)]*
- *Cartes, Photos, Images, La cartographie historique*
- *Visites*
- *Outils informatiques(Manifold, Archicad, Photoshop)*



Fig.2.3.2: Métropole lémanique (Genève--Lausanne--Vevey&Montreux): Zone d'analyse et d'expérimentation, « l'Ouest lausannois » et Lausanne

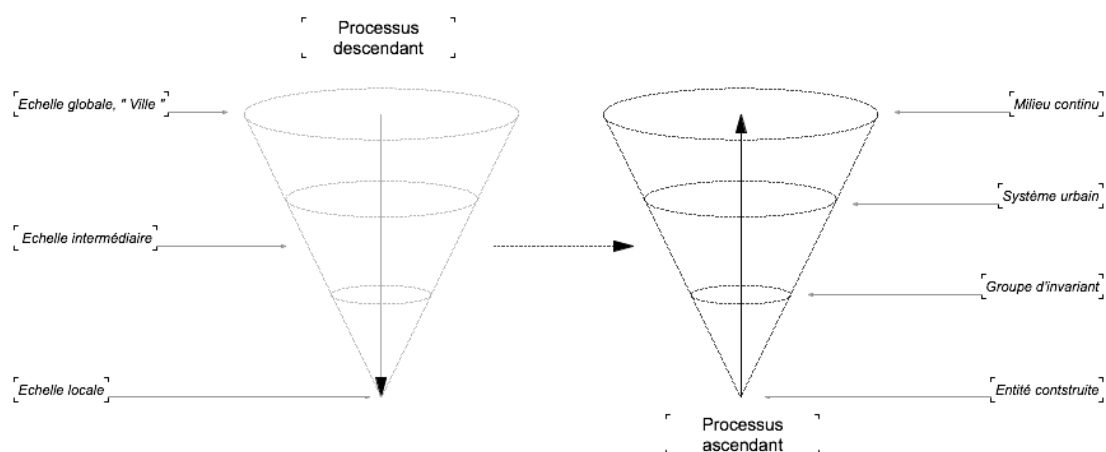


Fig.2.3.3: Échelles et Processus

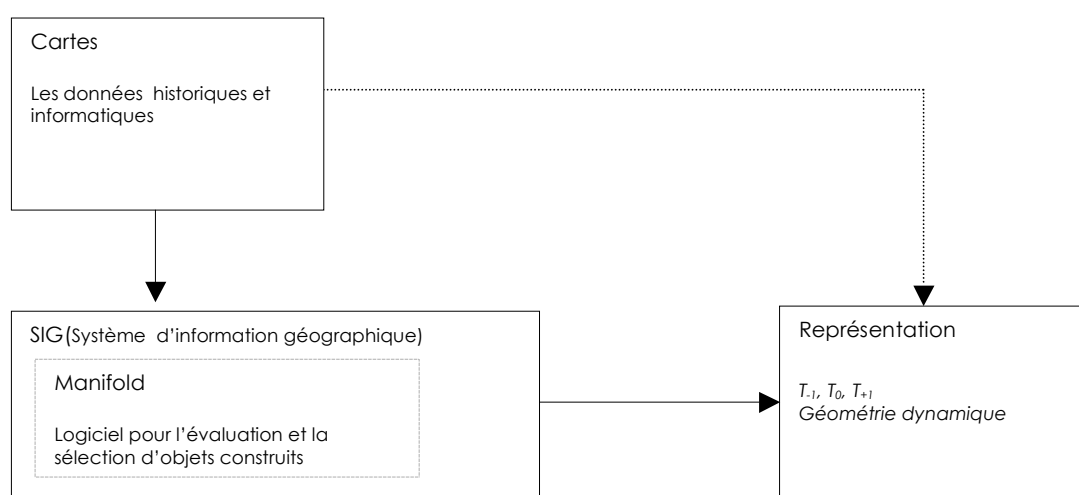


Fig.2.3.4: Outils d'analyse

1 2 3 4 5 6

3. Quatre sujets de recherche et leurs théories

En premier lieu, nous allons présenter les nouveaux sujets de recherche que nous sommes en train de développer dans notre laboratoire, tels que le phénomène de morphogenèse, le programme, la symétrie et la représentation dynamique. Ils permettront d'offrir de nouveaux regards sur les métropoles complexes d'aujourd'hui.

3.1 Phénomènes et lois urbains, Morphogenèse

La ville doit donc être pensée comme un phénomène, l'hétérogénéité de ses constituants doit être dépassée et saisie dans un processus commun de morphogenèse¹. Cela nous conduira à redessiner l'avenir de la ville selon les nouvelles morphologies découvertes.

3.1.1 Phénomènes de la nature et lois urbaines

Les recherches du labo. UTA sont basées sur la phénoménologie² et les phénomènes physiques de la nature et de la ville. La ville est cela même que nous percevons, non pas comme sujet empirique absolu, mais que nous participons à représenter autrement. La recherche, ici, se suit en principe par l'idée et l'interface phénoménologique des "formes – phénomènes"³. Par exemple, le postulat général que "la ville en tant que l'organisme vivant maintient sa structure évolutive" se repose sur cette interface phénoménologique. La forme de la ville est réinterrogée et peut être représentée autrement par le phénomène de la nature et du monde!

En observant les villes contemporaines, on perçoit et l'on se rend compte du changement remarquable et souvent radical de certaines transformations physiques de l'état urbain. Nous

¹ BERGER Patrick et NOUHAUD Jean-Pierre, *ibid*, 2004, p.22

² C'est l'étude des essences, et tous les problèmes, selon elle reviennent à définir des essences : l'essence de la perception, l'essence de la conscience, par exemple. Mais la phénoménologie, c'est une philosophie qui replace les essences dans l'existence et ne pense pas qu'on puisse comprendre l'homme et le monde autrement qu'à partir de leur « facticité ». C'est une philosophie transcendante qui met en suspens pour les comprendre les affirmations de l'attitude naturelle, mais c'est aussi une philosophie pour laquelle le monde est toujours « déjà là » avant la réflexion, comme une présence inaliénable, et dont tout l'effort est de retrouver ce contact naïf avec le monde pour lui donner enfin un statut philosophique. C'est l'ambition d'une philosophie qui soit une « science exacte », mais c'est aussi un compte rendu de l'espace, du temps, du monde « vécu ». C'est l'essai d'une description directe de notre expérience telle qu'elle est, et sans aucun égard à sa genèse psychologique et aux explications causales que le savant, l'historien ou le sociologue peuvent en fournir, et cependant Husserl, dans ses derniers travaux, mentionne une « phénoménologie génétique » et même une « phénoménologie constructive ». Merleau-Ponty, *Phénoménologie de la perception*, 1945, p.7

³ Les sciences de la nature se réapproprient « leur dehors ». Et toute une conception du monde s'en trouve remise en question. Longtemps récusé, ce mouvement des sciences les unes vers les autres s'affirme enfin et constitue le cœur de la recherche interdisciplinaire. BERGER Patrick et NOUHAUD Jean-Pierre, *ibid*, 2004, p.23

supposons que l'observation des dynamiques urbaines s'expliquent par les lois qui fournissent un ensemble de règles de transformation physique et facilitent l'identification de la cause et de l'effet.

L'idée phénoménologique des " formes – phénomènes " se résume dans les points ci-dessous ;

- Observer des choses
- Percevoir les choses apparues et remarquées sur les transformations physiques
- Énoncer des lois dont les objets sont des " essences immanentes "
- Représenter la forme dynamique de la ville par les lois phénoménologiques

Nous posons d'abord quelques questions sur les points suivants afin de comprendre et expliquer scientifiquement les phénomènes et la forme dynamique urbaine au-delà de nombreuses de recherches précédentes sur la morphologie urbaine.

Comment peut-on comprendre les phénomènes de la nature et les phénomènes urbains émergents ?

Comprendre un phénomène, c'est au moins identifier les règles qui en régissent le comportement et être capable de suivre mentalement les étapes qui, d'un état initial connu, aboutissent dans l'état final à expliquer ou à l'apparition du phénomène.⁴ Ainsi, nous allons observer et identifier les règles qui régissent le comportement de la ville en tant que système.

Pour énoncer les phénomènes et les lois urbaines, nous essayons d'abord d'observer des événements et d'en comprendre les phénomènes en considérant des lois de la nature. Ensuite, nous les empruntons de la nature des notions, car certains phénomènes de la nature fonctionnent de la même logique dans la ville. En parallèle, ceci nous permet ainsi d'avancer et d'établir les phénomènes et les lois propres de la ville en tant que système complexe.

Qu'est-ce qu'une explication scientifique ?

L'explication consiste à identifier une cause du phénomène, et elle est satisfaisante si l'on accepte la réalité de cette cause.

Pour ce faire, il faut que l'explication repose sur un formalisme mathématique en utilisant des lois⁵générales. Ainsi, un phénomène est expliqué s'il peut être prédit à l'aide d'une ou de plusieurs lois et de la donnée de conditions initiales, conformément au modèle déductif.

Dans cette recherche, **l'aboutissement et l'énoncé des lois mathématiques formalisées ne sont pas les objectifs finaux. Ici, le mot, loi comme nous l'utilisons est interprété de façon conceptuelle. En**

⁴ ZWIRN Hervé P., *Les systèmes complexes : Mathématiques et biologie*, 2006, p.198

⁵ *The scientific tool by which we predict the results of experiments is the law. A law is any conceptual recipe or mathematical formula or other means like those that, when fed data about the conditions of an experiment, tells us the experimental result to be expected.* Rosen Joe, *Symmetry rules*, 2008, p.90

tant qu'architecte ou urbaniste, nous observons des événements à des temps différents et les interprétons conceptuellement comme des lois urbaines à la probabilité et la régularité.

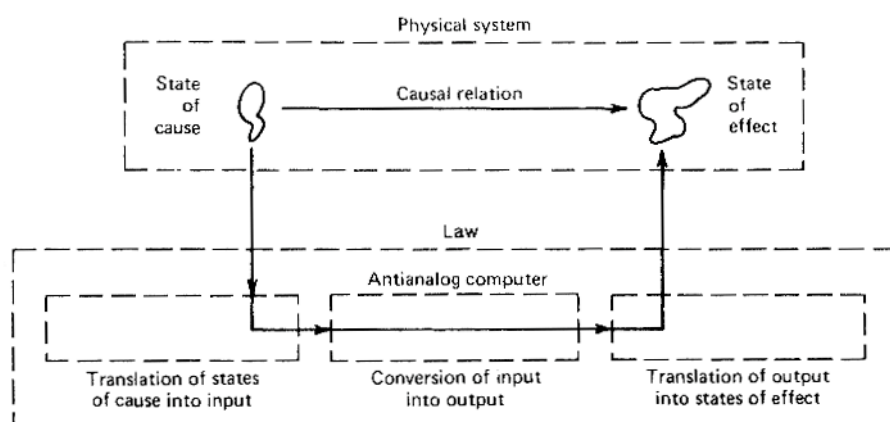


Fig.3.1.1.1 : Relation d'une loi à la cause et l'effet dans un système physique, extrait de Rosen Joe, *ibid*, 2008, p.92

Dans notre rapport précédent, "*Morphogenèse de la métropole*", nous avons nommé plusieurs lois de Morphogenèse ;

- *Lois de croissance et densité naturelle (besoins)*
- *Lois de stabilité et instabilité*
- *Lois d'influence fonctionnelle (degrés de satisfaction selon programmes)*
- *Lois de contrainte physique*
- **Lois morphologique** (entité, groupe, système et milieu)

C. Plazanet a établi les lois d'influence fonctionnelle dans notre recherche précédente (voir le rapport, *Morphogenèse de la métropole* pp.112-116). Par la suite, nous continuons dans le cadre de la recherche, d'établir les lois morphologiques urbaines et les approfondir pour comprendre et expliquer la forme et les dynamiques urbaines au processus de morphogenèse.

Ainsi, les lois nommées au-dessus fournissent un ensemble de règles de transformation physique. Par contre, il est important de noter que les lois urbaines ne reposent pas sur l'uniformisation de manière générique.

3.1.2 Formes et processus, Morphogenèse

Nous avons expliqué au début la morphogenèse comment l'ensemble des mécanismes expliquent l'apparition reproductible de structures et contrôlent leur forme. **Nous considérons ici la morphogenèse en tant que principal phénomène de la nature et de l'urbain.** La morphogenèse repose sur les trois points essentiels ci-dessous, basés sur la forme de la nature pour faire avancer la forme urbaine.

La notion de forme et le processus d'apparition, morphogenèse

Parler d'une forme et la considérer comme entité autonome, ayant par exemple une définition mathématique précise, est une première étape vers l'abstraction et la simplification nécessaires pour rendre intelligible le réel⁶. Nous allons commencer à comprendre et à expliquer la forme d'organisation simple et complexe de la nature et de l'urbain, en passant par le processus d'apparition, en termes de morphogenèse.

Les formes et leur cause, lois de symétrie

Nous avançons l'idée que la forme est la raison d'être. La question de la morphogenèse peut se reformer comme interrogation sur la cause et des formes que nous observons dans la nature et la ville. Le processus engendrant la structure impose également les lois géométriques expliquant et contrôlant sa forme. Nous supposons que la symétrie sera le mot-clef qui répond à la question de compréhension de la forme, identification des changements de la forme et des mécanismes qui les induisent et les contrôlent.

L'auto-organisation, l'émergence de forme dans le processus de morphogenèse

L'émergence des formes concernant l'apparition de structures spatiales dérive de plusieurs situations bien différentes. Nous considérons ici que la forme se déduit par l'interaction des entités du système. Ainsi, le motif et le *pattern* local (qui signifiera plus tard le groupe d'habitat ou le système urbain) se développent et deviennent une forme globale du processus d'interactions. La forme urbaine est dynamique à travers le processus d'auto-organisation basé sur les divers programmes des entités.

Ensuite, nous ajoutons l'autre phénomène de la nature et de l'urbain spécifique comme la "**croissance**"⁷. Nous supposons que le phénomène de croissance, qui conduit les deux autres phénomènes tels que l'étalement et la fragmentation⁸, est particulièrement important pour redessiner la morphologie de la ville contemporaine du point de vue de dynamique.

Comme dans le schéma ci-dessous, nous proposons que la forme urbaine se redéfinisse par la complexité, l'évolution et l'optimisation basées sur le phénomène de morphogenèse et de croissance. C'est l'apparition de la nouvelle notion de "forme urbaine" pour expliquer la forme de la ville

⁶ Ce sont des notions d'invariant et de symétrie qui nous permettent de faire émerger la définition de formes simples, apparaissant comme des attributs partagés par un ensemble de systèmes, et de reconnaître par exemple le cercle géométrique dans des «ronds»concrets, approximativement circulaires. La philosophie et la mathématique nous réconcilient avec les formes abstraites et les formes matérielles.

⁷ Les villes, présentes depuis les débuts des civilisations, n'ont cessé de se développer et de concentrer une part croissante de la population, de l'activité économique, du prestige et du pouvoir sous toutes ses formes, pour devenir aujourd'hui l'expression même de nos sociétés, de leurs potentialités et de leurs limites, Bailly A.B. et Huriot J-M., Villes et croissance, 1999, p.1

⁸ Le développement de croissance urbaine se fait introduire l'étalement et plus encore la spécialisation fonctionnelle du sol et de la ségrégation sociale.

contemporaine. Ainsi, la forme urbaine induite par la morphogenèse et la croissance peut être considérée amplement dynamique !

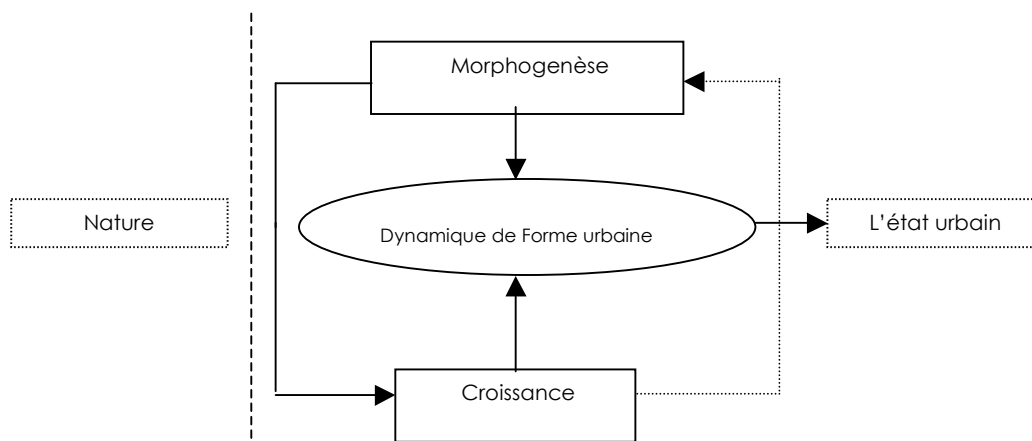


Fig.3.1.2.1 : Établissement de la " forme urbaine" basée sur le phénomène de la morphogenèse et de la croissance et en comprenant la logique de la nature

3.1.3 Vers nouvelles morphologies urbaines

Bien que nous citions brièvement les recherches précédentes sur la morphologie urbaine ci-dessous, certaines recherches en Suisse présentent une nouvelle voie vers nouvelles morphologies urbaines.

- Aldo Rossi : " The architecture and the city ", typologie & morphologie basées sur l'analogie
- K. Lynch : " The image of city ", image collective de la ville par les composants du système urbain
- B. Hillier : "The social logic of space " & "The space is machine", Syntex- morphologie représenté par connectivité du système d'espaces, l'anthropologie + la sociology + la science
- M. P. Conzen : "Thinking About Urban Form" géographie comme un contexte de la morphologie urbaine
- C. Alexander : " Pattern language ", lois dans l'architecture et la ville,
" Nature of order ", phénomènes et processus de la nature et la ville

Récemment, deux recherches se sont distinguées par rapport aux nouvelles morphologies basées sur phénomènes urbains et les nouvelles représentations de la métropole. De plus, elles se basent sur le phénomène de métropolisation en Suisse. Ces exemples nous indiquent l'importance de l'identification des éléments structurants singuliers et de la modélisation mathématique sur l'état successif de l'environnement construit et naturel pour cette thèse. Nous allons les illustrer et comparer ci-dessous ;

La Suisse, Portrait urbain par Diener R., Herzog J., Meili M., de Meuron P. et Schmid C

: La commune et les nouvelles frontières

Si on conçoit que nous vivons dans une complexité aux frontières floues, une réflexion vers une nouvelle structure élémentaire et sa transformation qui redéfinit une nouvelle frontière de la vie quotidienne deviendra une évidence.

DE MEURON explique que la Suisse, c'est aussi les quatre parties linguistiques, puis les cantons. Tout cela aussi, ce sont des limites, ce sont des frontières... Nous avons étudié chaque commune -elles sont au total environ 2800- et nous avons compris que la commune est au fond la cellule de base de la Suisse. C'est-à-dire que, comme une cellule biologique, chaque commune a une même construction. Chaque cellule, chaque commune a son centre, sa forêt, sa partie agricole. Que ce soit dans une région d'agglomération ou que ce soit dans les Alpes, une commune a au fond le même ADN⁹.

La commune est probablement l'élément structurant durable et fondamental de la ville en Suisse. C'est une situation singulière de la Suisse, mais ça peut être aussi une idée sensible pour réfléchir comment expliquer et représenter les villes d'aujourd'hui.

L'hypothèse est que l'ensemble des territoires suisses est principalement urbain et subit des transformations d'espace même si la taille des villes est toujours restée relativement petite. En théorie, l'espace urbain est établi par la combinaison de trois critères, soit réseaux, frontières et différences qui permettent de déterminer différentes formes d'urbanisation. En plus, le processus d'urbanisation en Suisse repose sur l'autonomie des communes et l'industrialisation décentralisée. La forme urbaine actuelle, qui est suffisamment complexe et n'est plus semblable que la forme traditionnelle.

Ainsi, dans cette recherche, les auteurs ont cherché à représenter la nouvelle morphologie de ville d'aujourd'hui selon une superposition de 5 typologies découvertes telles que " les régions métropolitaines, les réseaux de villes, les zones calmes, les *resorts* alpines et la friche alpine ".

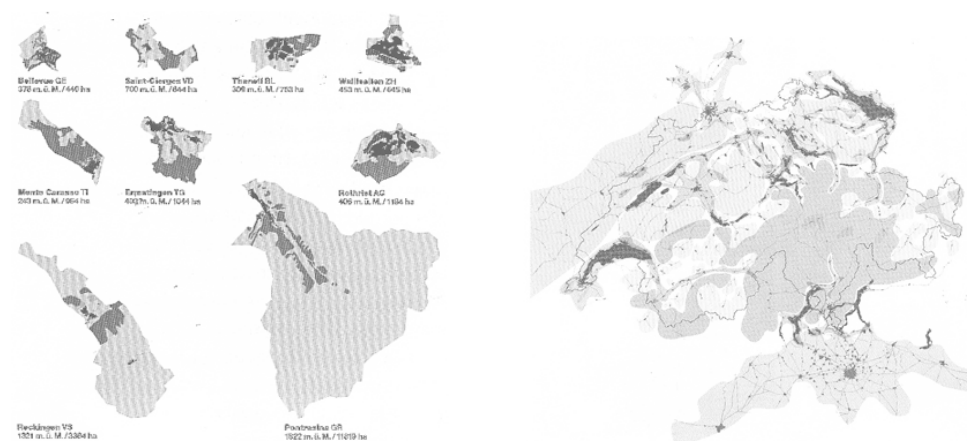


Fig.3.1.2.2 : 9 des 2768 communes et typologie 'une suisse urbaine, images extraites de " La Suisse Portrait urbain "

⁹ DE MEURON Pierre et SCHUMID Christian, *Quelles visions pour le territoire suisse ?*, N.133, 2007 : TRACES, p.7

Formes cachées, la ville" par BERGER Patrick et NOUHAUD Jean-Pierre

: Morphogenèse de la ville et mathématisation du réel

Les formes de la ville s'inscrivent selon les propres lois sur le phénomène construit. Ces formes ne sont pas simplement les traces volontaires de l'homme, mais aussi des résultats des états successifs autonomes de la ville.

L'état naturel et l'état construit sont l'objet d'une commune morphogenèse. Leurs entrelacements physiques définissent chaque milieu qui produit des formes qui l'identifient. Ces formes spécifient la morphologie des villes comme milieu naturel¹⁰.

Ces formes construites peuvent être concrétisées par la géométrisation comme modèle mathématique qui est un nouvel outil de la représentation de la ville. La modélisation abstraite du réel explique et visualise la transformation urbaine de la cause à l'effet. À ce point-là, la géométrie sera une solution effective pour maîtriser la ville hypercomplexe d'aujourd'hui. Enfin, la forme est une raison d'être.

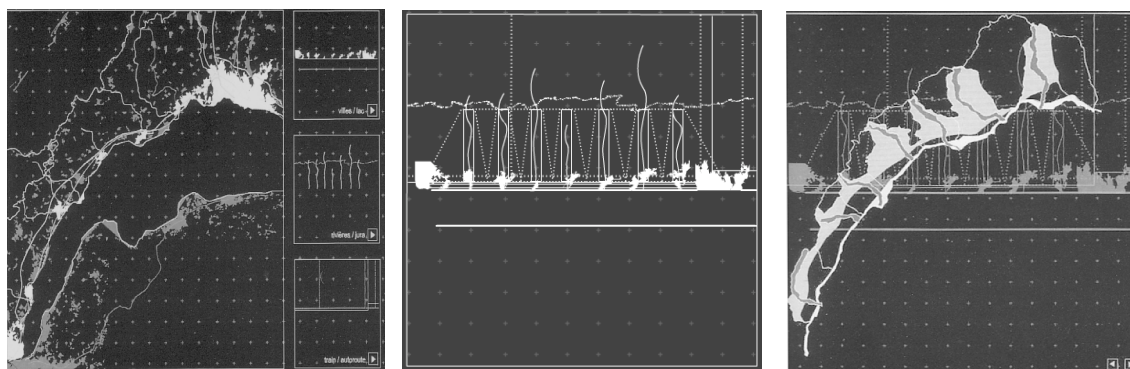


Fig.3.1.2.3 : "Arc lémanique ",projet interdisciplinaire Labo.UTA-INTER-EPFL, l'image extrait sur " Formes Cachées "

Dans ces recherches, on constate que la question de savoir " *Comment on peut penser et représenter la ville contemporaine?* " est centrale pour comprendre, expliquer et aussi pour maîtriser la ville d'aujourd'hui. À la fois avec le forage d'éléments fondamentaux de la ville ou avec l'origine et l'évolution des formes de la ville ?

¹⁰ BERGER Patrick et NOUHAUD Jean-Pierre, *ibid*, 2004, p.36

3.2 Programme et organisation de la ville

3.2.1 Le programme organisant la ville

Définition de programme

Etymologiquement parlant, le programme se définit comme tel : " Ce qui est écrit à l'avance "¹¹. Dans le projet architectural, il correspond en général à l'intention du maître d'ouvrage, qui définit la destination de l'édifice et les objectifs à poursuivre (prestige, utilité, etc).

Dès que le programme commence ainsi à s'inscrire dans un système complexe de la ville, il ne peut plus simplement répondre à la fonction d'un bâtiment. Dans cette complexité, tous les bâtiments (même les parcs et les places) interagissent par leur programme donné. Ils s'attirent ou se repoussent selon leur caractère programmatique dans une certaine proximité. Aujourd'hui nous introduisons l'idée que **le programme est saisi comme moteur d'interaction et de dynamique entre les entités construites des milieux urbains. La ville se transforme et est capable d'auto-organisation selon les divers programmes et leur valeur culturelle et sociale.**

Le programme a le pouvoir de dépasser les limites de la parcellisation, du zonage et de la sectorisation de l'aménagement territorial afin qu'il donne un nouvel ordre et fasse réorganiser le milieu urbain au-delà de la limite administrative. Ainsi, il devient le nouveau mode d'identification de l'état urbain actuel.

Le rôle et la vision du programme de la ville d'aujourd'hui est décrit ci-dessous par P. Berger :

*Le programme est un préalable. Il est opératoire non seulement pour les formes architecturales mais aussi pour les formes de la ville. Car c'est bien à une programmation globale qu'il faut recourir pour repenser et réorganiser nos villes...Une histoire de l'architecture et de la ville comme histoire des programmes reste à faire. C'est là que se rencontre les exigences du maître d'ouvrage et les contraintes du milieu. Les caractéristiques du site, les exigences techniques sont de véritables discours de préfiguration architecturale. Ils éclairent le plus souvent le caractère ponctuel des décisions. **L'invention ou la réinterprétation des programmes sont des facteurs déterminants de la morphogenèse urbaine**¹².*

Nous considérons l'ensemble des programmes comme un plan d'organisation élaboré en fonction de la ville. Pour commencer, il est nécessaire d'identifier les différents éléments de l'état construit et naturel. Cette identification des éléments peut être variée selon de nouveaux indicateurs ou catégories d'analyse et devient la base de réinterprétation des programmes. Nous supposons que

¹¹ Le programme est un ensemble d'inscriptions codées qui, lorsque apparaissent les conditions spécifiques de leur exécution, permettent le déclenchement, le contrôle, la commande par un appareil de séquences d'opérations définies et coordonnées pour arriver à un certain résultat. E. Morin, La méthode : 2.la vie de la vie, Seuil, 1980, p.224

¹² Ceci était exposé dans « Leçon inaugurale de l'Ecole de Chaillot, 2005 » par Prof. Patrick Berger et nous pouvons nous retrouver aussi dans son œuvre, « Formes cachées, la ville, 2004 ».

ces éléments se mettent en lien complexe selon leur disposition et les caractères de leurs programmes respectifs. Pour illustrer cela, les bâtiments (les entités construites) peuvent par exemple créer des groupes d'habitat ayant le même programme et à travers une échelle supérieure interagir avec d'autres programmes engendrant ainsi des nouvelles et différentes activités urbaines et établissant un nouveau caractère de milieu urbain.

Ainsi dans la nouvelle morphologie urbaine, l'organisation programmatique agit non seulement au niveau de l'entité construite mais aussi au niveau de l'ensemble des entités construites dans le système urbain.

3.2.2 La reproduction et l'évolution du programme

La reproduction et la propagation des entités construites basées sur les programmes identiques, par exemple les logements peuvent aussi résulter de la modification et d'autres formes d'organisation de la ville. Mais nous supposons que l'évolution du programme au niveau de l'ensemble est beaucoup plus importante pour parler de la dynamique de la ville en tant que système de reproduction du programme d'individu identique¹³. La dynamique basée sur l'évolution de l'ensemble de programmes correspond aussi bien à la problématique actuelle telle que la " densité - mixité " qu'aux milieux urbains.

Dans l'état d'ensemble, l'apparition de programmes favorise facilement l'apparition de nouveaux programmes augmentant ainsi la diversité. La diversité du programme résulte de la co-évolution des programmes. Ces programmes évoluent à l'interne en se complexifiant pour s'adapter aux nouvelles circonstances ou dépasser certaines limites. Enfin, la ville en tant que système découvre des éléments plus simples et efficaces qui peuvent être assemblés selon plusieurs combinaisons et suivant certaines règles servant des objectifs précis.¹⁴Cette forme d'organisation par les programmes évolutifs concrétise la bonne fonction de système complexe.

Considérer l'évolution du programme au niveau de l'ensemble est nécessaire et indispensable en urbanisme des milieux urbains qui ne cessent pas de se transformer et de se complexifier.

Après la transformation du centre urbain, nous voyons les zones ruinées ou les zones revitalisées selon l'adaptation et l'évolution des programmes. Si la ville s'accroît et modifie continuellement sa structure, nous devons avoir la conscience de la réorganisation constante des composants et leurs

¹³ Dans un être vivant, tout est agencé en vue de la reproduction. Une fois achevée la longue période d'incubation, cette organisation se perpétue par la répétition d'événement identique. Mais si, de surcroît, survient dans le système un événement qui se trouve " améliorer " le programme et faciliter, d'une manière ou d'une autre, la reproduction de certains descendants, ceux-ci tout naturellement héritent le pouvoir de se multiplier mieux. La finalité du programme transforme ainsi certains changements de programme en facteurs d'adaptation. JACOB François, *La logique du vivant*, Paris : Editions Gallimard, 1970, p.12

¹⁴ Cette idée de l'évolution du programme est inspirée par la théorie de complexité de Brian Arthur, économiste à l'institut de Santa Fe. Il propose trois moyens par lesquels la complexité peut croître lors de l'évolution d'un système. Zwirn H. P. les interprète comme la diversité résultant de l'évolution, la sophistication des structure, et la capture des programmes, voir Zwirn H. P., *ibid*, 2006, pp.136-139

programmes. Et, l'organisation cognitive¹⁵ basée sur divers programmes de la ville est considérable et stratégiquement parlante au niveau d'ensemble. La ville en tant que système complexe capture des programmes simples et efficaces selon certains critères et les combine afin de servir à remplir des objectifs ciblés. Il s'agit de ***l'organisation cognitive*** de la ville basée sur l'interaction des programmes associés et appropriés.

La ville est capable de s'auto-organiser selon les programmes et peut les disposer intelligemment afin de bien fonctionner dans les diverses formes d'organisations collectives !

Regardons l'image de l'évolution de la typologie des bâtiments de la cité grecque. Cette cité se compose d'une série de bâtiments édilitaires destinés aux diverses fonctions de la vie sociale. Agoras, temples, théâtres, salles de conseil, thermes, hôtelleries, sanctuaires, gymnases et palestres se parsement avec leur architecture spécifique sur le tissu urbain formé par l'habitation. Ces catalyseurs sociaux de la vie, politique et culturelle, ont valeur synchronique dans le monde hellénique et constituent la particularité spécifique propre à toute communauté grecque (polis) ainsi qu'à toute colonie nouvelle fondée par les Grecs dans l'ensemble du bassin méditerranéen¹⁶.

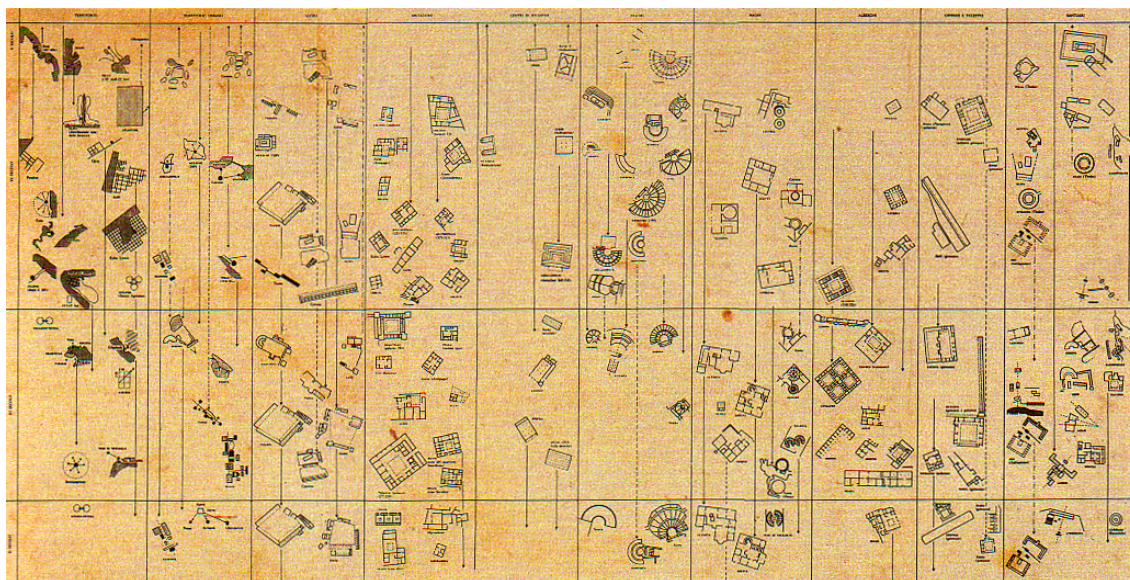


Fig.3.2.2.1 : l'évolution de type de bâtiments dans la cité grecque, image extraite de Vercelloni Virgilio, *La cité idéale en Occident*, 1996, p.3

¹⁵ Le cerveau qui est un véritable système cognitif indique et explique autrement la disposition des éléments programmés et les différents fonctionnements du système complexe. Si l'on voit les images, en coupe du cerveau et indiquent les différentes zones d'activité en cours telles « qu'entendre, voir, formuler et penser », elles nous inspirent la nouvelle piste de programmation urbaine dans un système. C'est l'adéquation flexible qui permet d'assembler stratégiquement des différents éléments et de les fonctionner efficacement dans différentes situations.

¹⁶ Vercelloni Virgilio, *La cité idéale en Occident*, 1996, p.3

Tous les bâtiments ci-dessus qui ont un programme singulier évoluent dans le temps mais aussi co-existent les uns et les autres. Ils s'influencent et ils évoluent au niveau d'ensemble afin de définir la forme de la société grecque.

Et aujourd'hui ? quelle sorte de programme est le plus influençable pour restructurer la ville ? Est-ce qu'il existe une autre réflexion sur l'évolution de programme de la ville avant de démarrer les grands chantiers de restructuration du centre ou du périphérie ? En continuant l'ère de consommation, l'apparition de l'image globale dans le monde entier, par exemple Dubai, Floride, Singapore, etc., de " loisirs-ville " sera-t-elle la réponse pour l'avenir de villes contemporaines ?

Dans cette recherche, nous développons la notion de programme qui explique comment la ville s'organise et évolue par son programme dans les différentes échelles.

3.3 Forme complexe et concepts de “ Symétrie ”

3.3.1 Symétrie, une raison d'être de la nature et de la ville complexe

Symmetry is immunity to a possible change

Joe Rosen

La symétrie au-delà de l'effet de miroir

L'effet de miroir produit par une des lois de symétrie telle que l'inversion est presque parfait pour décrire d'abord la proportion et la beauté idéale de l'organisme animé et même non animé. Au fond, les organismes dans la nature ont souvent leurs formes globalement symétriques pour mieux s'intégrer à la force de gravité. C'est une des raisons d'être de la nature basée sur la symétrie. Enfin, ils suivent et modifient naturellement leurs formes d'organisation de manière simple ou plus complexe.

Dans ce chapitre, nous parlons de transformation morphologique de la ville du point de vue de la symétrie mathématique. **Dans les domaines de l'architecture et de l'urbanisme, la symétrie est appliquée dans le sens de l'harmonie de proportion en appliquant l'image bilatérale.** Regardons l'épanouissement de la symétrie aux produits de l'homme tels que les temples romains, les églises gothiques, les cités idéales à la Renaissance, la cité-jardin du roi Soleil au Baroque, etc. Dans tous les cas, la symétrie était très étroitement comprise et appliquée à une forme parfaite pour représenter l'architecture symbolique et la ville parfaite comme “ Idéa ”.

A travers les époques, **la majorité des architectes ont volontairement rejeté le mot de symétrie et pris celui d'asymétrie contre les choses classiques et parfaitement proportionnelles afin de parler de la forme moderne** en architecture, en paysage et en urbanisme. Ainsi, **l'asymétrie¹⁷ se traduisait souvent en forme irrégulière ou dynamique contre la symétrie. Nous étions piégés par l'image figurative (plutôt bilatérale) en oubliant l'origine de la symétrie qui signifie “ les mesures communes des choses ”.**

Comme nous pensons **la symétrie aujourd'hui, elle appartient aux grands concepts d'organisation.** C'est un concept complet qui apparaît dans beaucoup de domaines : Dans nos vies quotidiennes, en science, dans l'art... nous avons besoin de principes d'organisation pour traiter beaucoup des phénomènes qui nous entourent,... des exemples de concepts jouant un rôle de l'organisation dans notre pensée comme ordre, harmonie, hiérarchie, et système.¹⁸ La symétrie peut se manifester par la perfection, l'analogie et aussi **l'invariance sous la modification** (qui est très proche de la symétrie mathématique) en accompagnant l'idée d'organisation.

Dans un sens scientifique, Joe Rosen nous indique le principe essentiel et les deux principes supplémentaires de la symétrie¹⁹. Ils nous conduira à comprendre et à expliquer autrement la symétrie et la ville complexe.

¹⁷ Dissymétrie = défaut de symétrie, l'absence de symétrie nécessaire ou désirable comme symétrie imparfaite. Asymétrie = absence de symétrie

¹⁸ DARVAS György, *Symmetry*, Basel : Birkhäuser, 2007, p. 2

¹⁹ ROSEN Joe, *Symmetry rules : How science and nature are founded on symmetry*, Springer, 2008, p. 4, 9,10

- **La symétrie est l'immunité à une transformation possible** > la présence de l'invariant
- **La symétrie implique l'asymétrie** > la référence du changement
- **La symétrie est l'analogie** > la similarité relative

La ville devrait être un système complexe qui fonctionne et évolue, sa forme pourrait naturellement être caractérisée par la symétrie basée l'invariant et la transformation. **À partir de maintenant, quand on parle de transformation et de forme de la ville nous projetons l'idée de symétrie en considérant d'abord la présence d'invariants comme diverses propriétés communes et ensuite les diverses lois d'opération -inversion, translation, rotation, homothétie, etc.- peut nous expliquer comment la ville s'organise et complexifie sa forme dans le processus de l'espace et du temps.** Ainsi, avec sa complexité, la ville s'organise, progresse, et aboutit aux résultats optimaux par la symétrie, comme un organisme vivant.

Pour mieux expliquer l'invariant, nous présentons d'abord un tableau qui contient les différentes géométries d'un objet sur 6 niveaux. La transformation de ces géométries se concrétisent par certaines de leurs propriétés géométriques qui restent. **Ces propriétés géométriques sont "invariants". La possession de propriétés - position, length, angle and ratio, parallelism, cross-ratio, neighborliness- résultent les différents degrés de symétrie et de formes de l'objet.** Et, même si nous comparons les deux figures extrêmes de *identity* et de *topology*, il y a encore l'équivalence par le caractère de *neighborliness*. Dans ce cas-là, plus précisément, il y a transformation formelle en gardant le même nombre de sommets et le nombre de cotés.







mapping	invariant	position	length	angle and ratio	parallelism	cross-ratio	neighborliness
identity		•	•	•	•	•	•
isometry			•	•	•	•	•
similarity				•	•	•	•
affinity					•	•	•
perspectivity						•	•
topology							•

Fig.3.3.1.1 : invariant et transformation de géométrie

En parlant de la morphologie de la ville, nous proposons l'idée d'invariant caractéristique et celle d'invariant morphologique. L'une se détermine par les propriétés du programme, de la proximité et de la forme géométrique. L'autre se détermine par les propriétés de figures élémentaires, "—, Δ, □, ○" telles que formes d'organisation. (Voir aussi le chapitre de group d'invariant) Ils serviraient à la base du groupement et de reproduction des composants afin que nous puissions représenter la transformation morphologique de la ville.

La symétrie bilatérale (inversion) n'est qu'une des opérations symétriques. Nous décrivons ensuite les diverses opérations de symétrie qui peuvent développer la forme complexe. Nous allons les expliquer par les formules mathématiques en considérant les valeurs de x , y (excepté z) et t du point de vue d'organisation d'espace et du temps. **Nous appelons ici les diverses opérations comme la base de l'organisation symétrique.** (Les formules ci-dessous sont extraites de ROSEN J., *ibid*, p.p.236-239).

Inversion (réflexion) par ligne(l) :

$$x \rightarrow x' = -x, \quad x' \rightarrow x = -x'$$

$$y \rightarrow y' = -y, \quad y' \rightarrow y = -y'$$

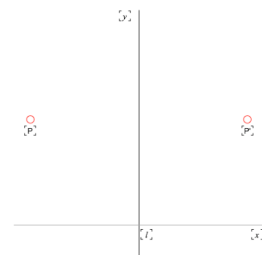


Fig.3.3.1.2 : inversion

Rotation:

$$x \rightarrow x' = x \cos \alpha - y \sin \alpha,$$

$$x' \rightarrow x = x' \cos \alpha + y' \sin \alpha$$

$$y \rightarrow y' = x \sin \alpha + y \cos \alpha,$$

$$y' \rightarrow y = -x' \sin \alpha + y' \cos \alpha$$

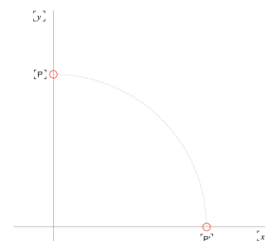


Fig.3.3.1.3 : rotation

Translation:

$$x \rightarrow x' = x + a, \quad x' \rightarrow x = x' - a$$

$$y \rightarrow y' = y + b, \quad y' \rightarrow y = y' - b$$

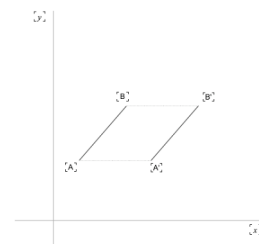


Fig.3.3.1.4 : translation

Projection (Homothétie):

$$x \rightarrow x' = \rho x, \quad x' \rightarrow x = x' / \rho$$

$$y \rightarrow y' = \rho y, \quad y' \rightarrow y = y' / \rho$$

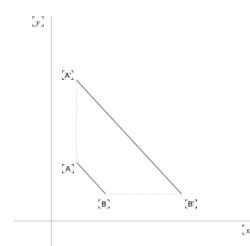


Fig.3.3.1.5 : projection

Translation temporelle :

$$t \rightarrow t' = t + d, \quad t' \rightarrow t = t' - d$$

Inversion (réflexion) temporelle :

$$t \rightarrow t' = -t, \quad t' \rightarrow t = -t'$$

Projection (Homothétie) temporelle:

$$t \rightarrow t' = \sigma t, \quad t' \rightarrow t = t' / \sigma$$

Notamment, en observant « *Frieze, Wallpaper et Decoration art* », nous pouvons constater que le groupe de symétrie est capable de se complexifier et de reformer la forme d'organisation par plusieurs opérations successives comme dans les images ci-dessous ;

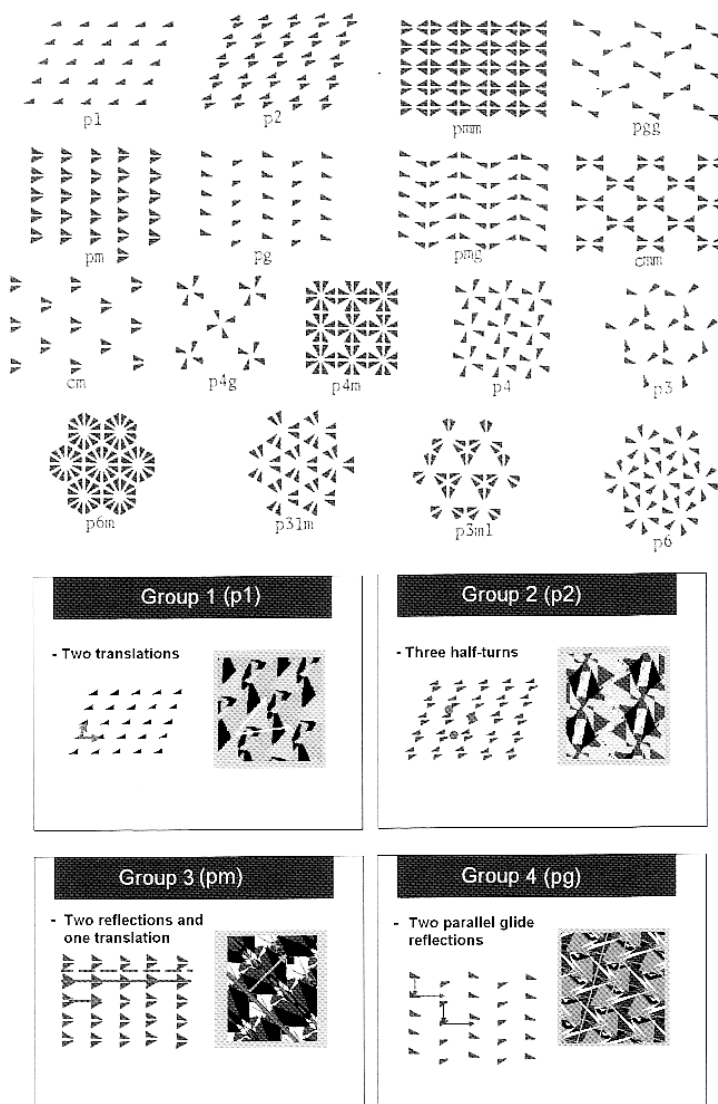


Fig.3.3.1.6 : Présentation de 17 wallpaper groupes basés sur les diverses opérations symétriques, extrait de DARVAS G. *Symmetry*, 2007, p.90

En admettant que la ville s'accroît et se complexifie par la reproduction des diverses formes d'organisation élémentaires et des sous-systèmes dans différentes échelles, nous supposons que cette

transformation peut être expliquée et simplement représentée par l'ensemble de l'opération symétrique successive. Il s'agit de "**lois de symétrie**" que nous proposons pour expliquer la forme complexe de la ville.

Dans un autre sens, c'est la symétrie qui prend aussi le rôle principal pour définir le "centre". Nous supposons que la symétrie s'applique en tant que méthode qui peut définir le centre urbain en termes du "centre de gravité" et aussi de la "moyenne"²⁰. Nous avons testé ce sujet dans un autre chapitre, "le système urbain" pour expliquer la dynamique du centre urbain actuel.

3.3.2 Des milieux fractals à la théorie constructale

La représentation du réel peut être guidée par la géométrie qui permet en effet de décrire et de simplifier les systèmes physiques. Même si la complexité des phénomènes de la ville contemporaine est extrêmement élevée, une idée directrice simple peut être dégagée de la symétrie des systèmes et des processus comme image de la nature ci-dessous :

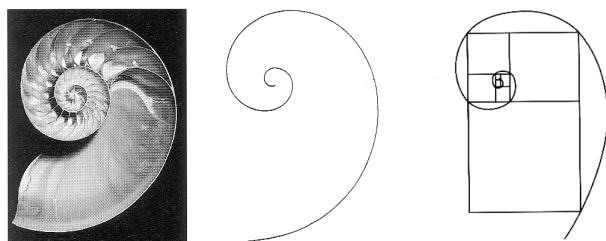


Fig.3.3.2.1 : Exemple d'une géométrie simple extrait depuis une forme complexe à l'aide de la symétrie spirale comme une loi. (l'image extraits sur BALL P., *The self-made tapestry : pattern formation in nature*, p.11, p.107)

Nous illustrons deux théories contrastées mais congénères par le concept de symétrie. La *Fractale* et la *Constructale* sont bien connues dans les domaines scientifiques selon la notion de similarité. Mais le sens de processus qui traverse les étapes est inverse. Ces différents processus peuvent nous permettre de comprendre et d'expliquer autrement la morphologie de la ville.

" Ville Fractale " par Batty et Lorenz : la géométrie fractale et la notion d'auto-similarité

Depuis plusieurs années, la théorie fractale²¹, qui suit la symétrie mathématique, est une méthode couramment utilisée et qui influence la modélisation et la représentation de la ville complexe. Batty M. explique que la géométrie fractale offre un bon champ d'application pour les

²⁰ Centre de gravité de triangle et moyenne arithmétique peuvent se représenter comme ci-dessous ;

$$\bar{s} = \frac{1}{3}(\bar{a}_0 + \bar{a}_1 + \bar{a}_2), \quad \bar{m} = \frac{a+b}{2}$$

²¹ La géométrie fractale est l'outil qui permet de rendre compte de leur propriété fondamentale : l'invariance statistique par dilatation d'échelle ou homothétie interne, et de définir leur dimension, qui n'est pas entière mais fractionnaire et permet de quantifier leur complexité, voir SIVARDIERE Jean, *La symétrie en mathématiques, physique et chimie*, 1995, p.469

viles qui ont été adaptées à leur contexte et qui contiennent également une certaine croissance et une irrégularité "organiques".

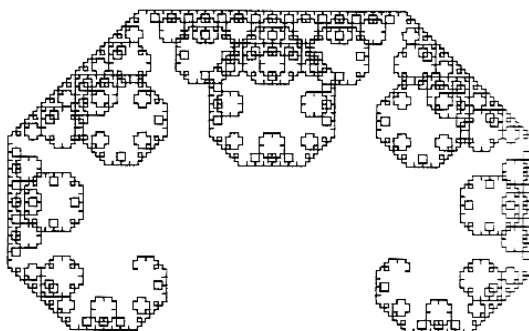


Fig.3.3.2.2 : Lévy curve : Croissant, $i=12$ et Roule ($i=0,1,2$)

Wolfgang E. Lorenz a aussi récemment démontré dans sa thèse "Fractals & Fractal architecture" l'intérêt de la géométrie fractale et **la notion d'auto-similarité**. Cette auto-similarité, qui peut mettre en évidence entre l'origine et la forme transformée dans un processus complexe, est très intéressante pour redessiner la ville contemporaine. Enfin, ce sont des approches pour la modélisation de la ville fractale basée sur la complexité.

Cependant nous estimons qu'au-delà de ces travaux sur la ville fractale, la modélisation sensible de la ville du point de vue de l'échelle "de plus petit vers plus grand" et de l'optimisation de la forme urbaine requiert une nouvelle approche, basée sur la principale théorie présentée ci-après.

Théorie "constructale" par BEJAN : L'invariant et l'échelle

Adrian BEJAN choisit le terme "constructal" en écho au mot "Fractal" élaboré par Benoît Mandelbrot à partir du verbe latin "franger" pour décrire ces nouvelles formes géométriques, dont le motif, de plus en plus petit, se répète à l'infini. Ce mot fractal suggère, selon lui, une mauvaise direction : les choses ne se fragmentent pas, mais s'agrègent, se construisent, du petit vers le grand... Notre monde n'est pas fractal, il est constructale.²²

Éléments invariants – configurations génériques – formes globales

De plus, BEJAN croit que toutes les formes que l'on trouve dans la nature ont subi un processus d'optimisation. Du bassin des rivières aux poumons, les formes naturelles sont déterminées par le principe de distribution optimale des imperfections. D'autre part, il explique aussi des modèles de structures économiques pour la transportation de la ville basée sur le temps de parcours minimum, ou le coût minimum pour le maximum de rentabilité.

Plus particulièrement, l'optimisation est le résultat d'une conjugaison entre des contraintes et objectifs de construction d'un objet. Cette optimisation est ainsi une forme géométrique qui offre un rendement maximal et la meilleure performance. Les systèmes naturels démontrent clairement la forme optimale obtenue. Par exemple, les branches et racines d'un arbre lui permettent d'accéder à

²² POIRIER Hervé, *L'intelligence de la nature : Théorie constructale*, SCIENCE & VIE, 2003, Nov. N°1034, p.51

un maximum de ressources dans l'air et le sol par la figure d'élément comme "└" qui est déduite et mesurée par la condition d'environnement. Cet élément, le plus petit, se répète et grandit par certains lois de symétrie.

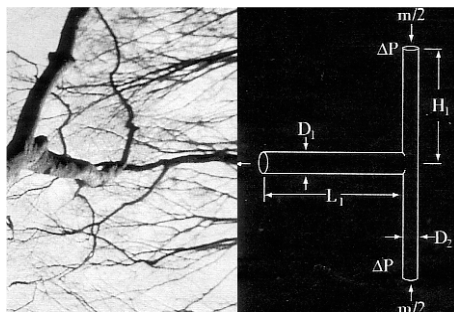


Fig.3.3.2.3 : Exemples d'invariant d'arbre (image extrait sur POIRIER Hervé, *L'intelligence de la nature*, 2003, p.55)

En considérant cette théorie constructale, nous supposons que la ville est un système constitué par plusieurs couches à morphologie déductible à partir d'un processus ascendant tendant vers une forme d'organisation optimale, malgré la complexité.

Pour traiter de la ville contemporaine, la théorie constructale se substitue à la théorie fractale par un processus ascendant (du local au global) qui permet de déterminer la forme urbaine à partir d'une géométrie invariante par la symétrie dans la recherche.

3.4 Nouvelle représentation, “géométrie dynamique” comme outil d’analyse et du projet

La visualisation 3D et la simulation de l'état urbain est avancée et beaucoup plus que réels de nos jours. Au-delà de la description précise, nous supposons que l'état urbain, qui est complexe et dynamique, soit compris et expliqué autrement par une nouvelle méthode de représentation. Pour la nouvelle représentation, nous rappelons d'abord la valeur et la commodité de géométrie euclidienne et aussi le mode de représentation dynamique basée sur l'interaction des agents.

Le phénomène de morphogenèse se dévoile par la représentation géométrique et dynamique !

La géométrisation (l'identification des propriétés géométriques et l'application des lois mathématiques qui expliquent les liens) et la représentation dynamique (visualisation de la complexités d'agents interactifs) seront considérables pour comprendre et expliquer comment la ville fonctionne et évolue .

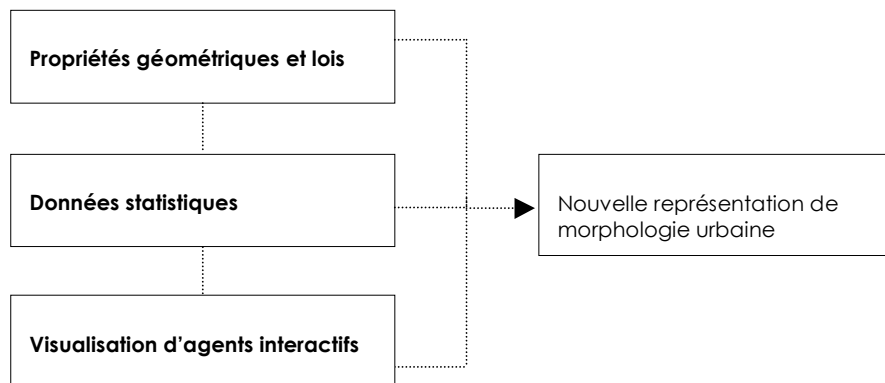


Fig.3.4.1 : la géométrisation et la représentation dynamique pour nouvelle représentation de la ville

Nous supposons que l'intergration entre les propriétés géométriques et les lois, les données statistiques et la visualisation d'interactions des éléments du système peuvent conduire et déduire une nouvelle représentation de la morphologie urbaine.

3.4.1 Abstraction et mesures géométriques

*Si la géométrie euclidienne est un mode de représentation du monde sensible au plus près de nos modes d'abstraction et de reconnaissance sensoriels dont elle mentaliserait le fonctionnement, il n'est pas inutile de rappeler qu'elle reste le langage mathématique simple le plus largement partagé dans nos sociétés pour interpréter l'univers plastique qui nous entoure.*²³

²³ Berger P. et Nouhaud J-P., *ibid*, 2004, p.165

Les géométries et leur valeur basées sur les lois mathématiques peuvent montrer autrement la qualité de la structure et de l'organisation spatiale. Nous considérons que la géométrisation²⁴, qui est un processus subtil vers une modélisation abstraite et une modélisation sensible, est une des approches principale de cette recherche pour représenter la ville autrement avec les points suivants ;

- *Abstraction de forme d'organisation complexe de la ville*
- *Visualisation de transformation de l'état urbain dans les différentes échelles*
- *Qualification et validation de formes réinterprétées*

Pour ceux-ci, nous introduisons l'étude de Loeb et de Newman pour développer la méthode d'abstraction géométrique.

Les chiffres 0,1,2,3... deviennent les paramètres principaux de figures de l'objet et l'espace. Ici, LOEB A. démontre une étude mathématique de structure et de lois d'Euler pour l'expression quantitative d'ordre spatial. C'est-à-dire, l'ensemble des rapports entre les entités définit une configuration²⁵ sur la base des contraintes géométriques de l'espace. C'est une étude de structure qui implique donc une étude des relations géométriques.

Cette structure s'explique d'abord par les 3 paramètres suivants :

- *Dimensionality : numbers of degrees of freedom 0,1,2 and 3*
- *Valency : vertex(V), edge(E), face(F) and cell(C)*
- *Extent : length, area, and volume for elements of respective dimensionalities 1,2, and 3*

Par exemple, le Tétraèdre peut être décrit comme $V=4$, $E=6$, $F=4$, $C=2$. $V-E+F-C=0$, $V-E+F=2$...Ainsi, toutes les structures géométriques s'inscrivent sur les formules mathématiques qui expliquent leurs relations. Et, la ville qui est structurée par leurs entités construites peut être décrite et expliquée par les paramètres mathématiques.



Fig.3.4.1.1 : exemple de Tétraèdre et d'une structure irrégulière décrite par valencies de vertex et edge (image extrait sur LOEB Arthur L., *Space structures*)

²⁴ La géométrisation n'est pas un habillage approximatif à des fins didactiques mais une étape de la mathématisation, l'achèvement du modèle... le modèle offre ainsi un objet abstrait et un objet sensible, émettant à l'opérateur réflexion, programmation, projection et spéculation inverses et croisées à chaque étape. Berger P. et Nouhaud J-P., *Ibid*, 2004, p 185

²⁵ The pattern does not need to be a visual one. It could be an organization, such a corporation. The structure of corporation expresses reporting relations, interactions between subsidiaries, financial accountability, etc. LOEB Arthur L., *Space structures : their harmony and counterpoint*, 1976, p.18

D'autre part, Newman explique qu'un " Network communicatif " est un système d'éléments : sommets (vertices) ou noeuds, avec des connexions entre les bords (edges). Il adapte la notion de " Valency " à l'étude du réseau social, informatique etc, avec la centralité et la connectivité afin de pouvoir visualiser et mesurer la qualité du réseau complexe. Newman reconstruit une série de réseaux complexes de manière mathématique simple (avec les sommets comme individus et les bords comme interactions entre eux).

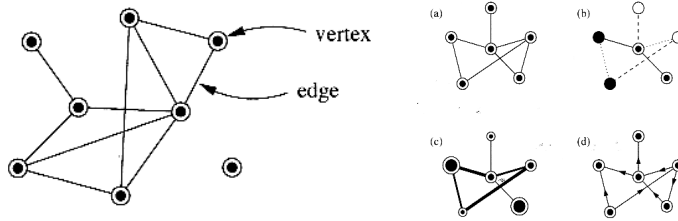


Fig.3.4.1.2 : Exemple de network avec 8 vertices et 10 edges et de network-types variés (image extrait sur NEWMAN M., *The structure and function of complex networks*)

Par exemple, pour qualifier les réseaux sociaux, le coefficient de *clustering* C qui ainsi mesure la densité des triangles dans un réseau est *significatif* ;

$$C = 3 \times \text{nombre des triangles dans le réseau} / \text{nombre de triples connectés de sommets}$$

C se situe dans la valeur, $0 \leq C \leq 1$, si la valeur de C est plus proche de 1, il y a plus de liens entre les entités.

Imaginons le système physique de la ville. Les architectes et les urbanistes utilisent plutôt les noeuds, les liens et les hiérarchies pour schématiser les structures du réseau urbain. Par exemple, récemment, un groupe de chercheurs interdisciplinaires a modélisé des anciennes villes auto organisées par les " street-network " comme les *Valencies* et les réseaux de communication.

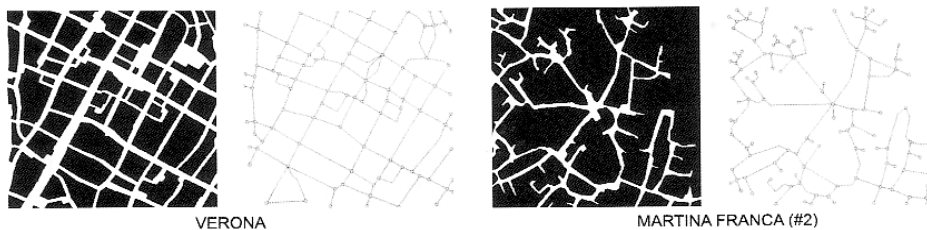


Fig.3.4.1.3 : Exemples de street-network représentés dans les anciennes villes comme les vertices (l'image extrait sur J. Buhl, J. Gautrais, ..., G. Theraulaz, *Topological patterns in street networks of self-organised urban settlements*, p.2)

En conséquence, ils mesurent la valeur de " M : meshedness²⁶" de réseaux basée sur la loi mathématique de Euler ($f = m - n + 1$). Cette valeur représente autrement l'efficacité et la robustesse de réseaux.

$$f = m - n + 1, \quad M = \frac{m - n + 1}{2n - 5} \quad (0 \leq M \leq 1, 0 : \text{tree structure}, 1 : \text{triangulation})$$

m : nombre de bords , n : nombre de noeuds

²⁶ M quantifies that the relative amount of faces in comparison with the two extreames that are trees and triangulations, G. Theraulaz, *Topological patterns in street networks of self-organized urban settlements*, Phys.J.B 49, 513-522(2006), p.551.

Pour notre recherche, nous allons utiliser plutôt la disposition des entités construites et leurs liens pour illustrer et qualifier la structure urbaine.

3.4.2 Représentation interactive et forme dynamique

La représentation dynamique est ici destinée à la visualisation de la forme dynamique de morphogenèse urbaines. Ceci intègre étroitement aux trois points suivants basée sur l'interaction d'agents et de systèmes;

- **L'auto-organisation**
- **Le processus du morphogenèse**
- **La multi-échelle**

Nous supposons que la représentation urbaine performée par ces principes ne sera pas simplement utile au niveau de description mais aussi au niveau d'opération. Elle sera capable d'indiquer le problème et la solution. Nous allons illustrer quelques représentations interactives et dynamiques dans plusieurs domaines scientifiques. Elles se visualisent différemment mais avec les mêmes principes tel que la complexité et l'interaction d'agents. Elles sont actives et même opérationnelles.

- *Online network representation (Blogosphere & KeyWord Map)*
- *Neuroscience representation (Blue brain project & Connectomics)*
- *Dynamique urban system representation (Real time representation)*



Fig.3.4.2.1 : " Blogosphere " de Matthew Hurst, extrait de Technology Review vol.111 p.44 et " KeyWord Map " de George Legrady, extrait de <http://www.georgelegrady.com/>

Nous illustrons deux images d'online network, " Blogosphere & Key word Map". Les images tracent les communications actuelles entre les utilisateurs.

The dense cluster at the center represent the core, a set of thousand blogs with links to many other sites. Le noyau du blogosphere composé de plusieurs mille blogs populaires sont fortement connectés à l'un l'autre. La taille du cercle représentant un blog indiqué est proportionnelle au nombre d'autres blogs l'a rejoint. L' apparition de centres noyaux qui changent sa taille par l'intensité de connection et les différentes couleurs par la fonction de blog sont assez lisibles.

Dans la bibliothèque centrale de Seattle, aux Etats-Unis, on voit les écrans interactifs qui sont composés par des codes en couleurs selon les sous-catégories de Dewey. L'emplacement spatial de mots-clés sur les écrans représentent la moyenne de l'utilisation de leurs sous-catégories de Dewey. Les couleurs des mots-clés sont également déterminées de cette façon, fait la moyenne selon leur affiliations. George legrady²⁷ démontre les animations produites par le logiciel statistique et algorithmique utilisant des données reçues chaque heure.

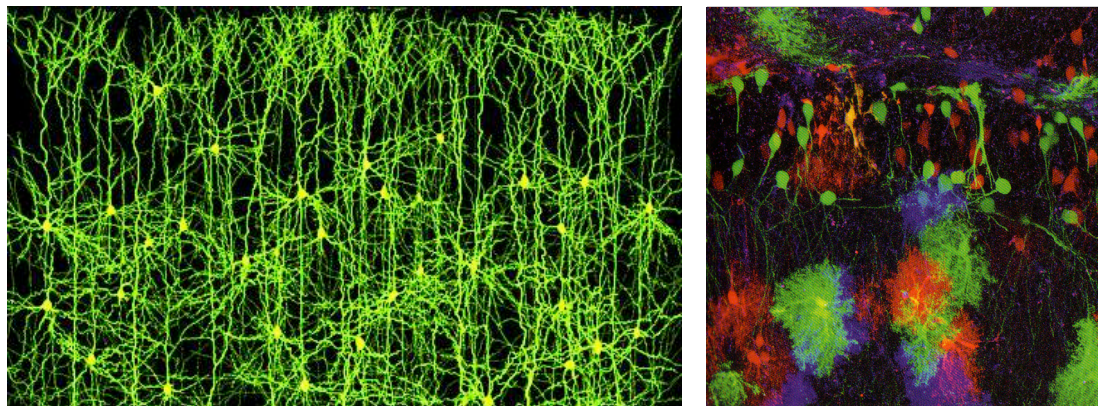


Fig.3.4.2.2 : " Blue Brain project " de EPFL extrait de site http://mediatheque.epfl.ch/sv/Blue_brain, " Connectomics " de Jeff Lichtman, Université de Harvard extrait de *Technology Review* vol.111 p.56

Ce sont des cartes complexes qui essaient de tracer physiquement l'embrouillement des circuits neuraux qui collectent, traitent, et archivent des informations dans le système nerveux. Les images et les simulations explorent et visualisent efficacement comment le cerveau, composé par 100 billions de neurones et les connections, fonctionne afin de servir d'outil aux neurologistes et aux chercheurs médicaux.

Les projets recréent les micro-circuits entre les unités de neurones. La notion de complexité et de connectivité sont essentielles pour ces modélisations. Nous supposons que ces modélisations complexes du cerveau seront une piste pour comprendre aussi le fonctionnement de la ville contemporaine.

²⁷ Professeur d'*Interactive Media* à l'Université de Californie, Santa Barbara.

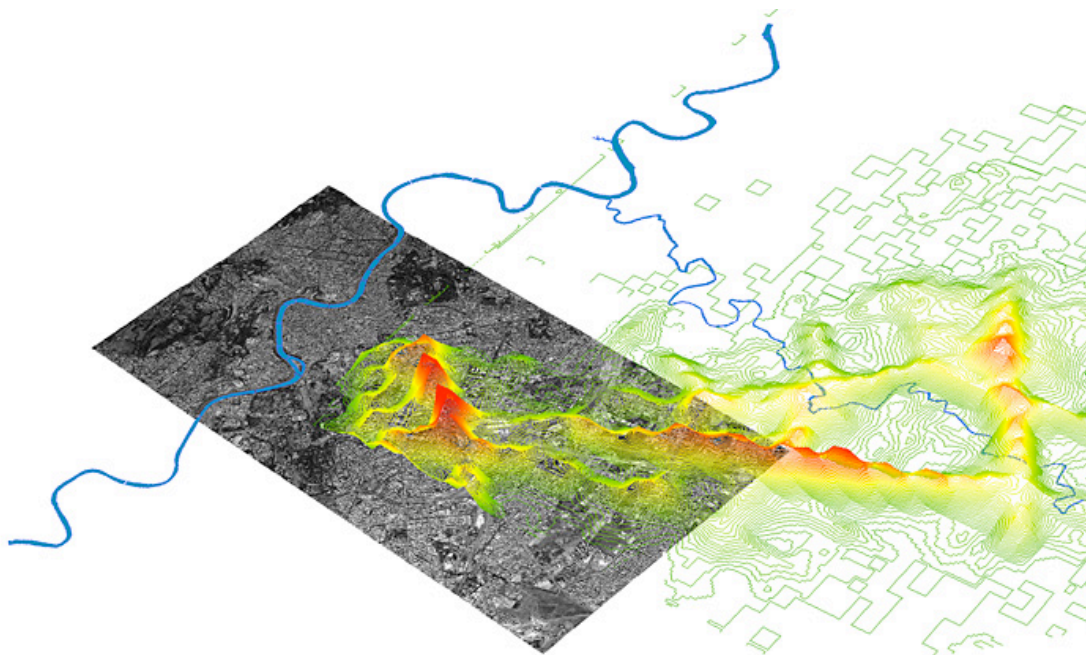


Fig.3.4.2.3: "Real time Rome", dirigé par Carlo Ratti, le laboratoire de SENSEable City, MIT, extrait de <http://senseable.mit.edu/>

Carlo Ratti (Director) et les chercheurs observent la ville en temps réel qui devient un moyen de comprendre le présent et de prévoir le futur des milieux urbains. Dans les visualisations de Rome, les chercheurs synthétisent des données de divers réseaux en temps réel pour comprendre des configurations de la vie quotidienne à Rome. Ils introduisent la mobilité globale des personnes selon leur utilisation de téléphone portable et la visualisons synchroniquement avec le flux du passage public, des piétons, et du trafic véhiculaire.

Les cartes en temps réel nous aident à comprendre comment la distribution des bus et des taxis se corrèle avec des densités des personnes, comment des biens et les services sont distribués dans la ville, ou comment différents groupes sociaux, tels que des touristes et des résidents, habitent la ville.²⁸

Ainsi, **la ville peut se visualiser autrement sa forme dynamique en révélant les représentations interactives et dynamiques. Ce qui est important, au-delà de description de la réalité, la forme dynamique en tant que résultat doit dévoiler intelligemment les problématiques et les solutions de l'état urbain.**

²⁸ "Real time Rome" est une des contributions du laboratoire de SENSEable City, MIT. <http://senseable.mit.edu/realtimerome/> ; 2009 The Copenhagen Wheel, /2005 Mobile Landscape Graz/2005 Raster Cities, etc.

Perspective et discussion

Le phénomène de morphogenèse introduit-il la forme urbaine ?

Nous pensons la ville comme un organisme vivant qui maintient sa structure évolutive en termes de morphogenèse. Nous prendrons l'idée que la ville, comme la nature, s'organise par les différents programmes et le processus propre et cherche toujours les formes optimales par symétrie. Nous pouvons postuler donc que le phénomène de morphogenèse aboutit aux formes évolutives et symétriques afin que la ville s'explique par la reproduction, la transformation et la réorganisation de systèmes au processus de la morphogenèse.

La ville contemporaine est-elle symétrique ?

Nous commençons à comprendre autrement la forme de la ville en relation avec les principes de symétrie tels que l'invariance, l'asymétrie et l'analogie. En plus, les lois d'opération de symétrie permettent d'expliquer diversement la complexité et la croissance de la ville.

Ainsi, l'existence d'invariants et des diverses opérations de symétrie dans son propre processus de transformation seraient ainsi la clef de cette hypothèse. Même de la forme urbaine peut être expliquée par les notions de symétrie dans la complexité!

Sera-t-il possible d'introduire une représentation efficace de systèmes urbains de nos jours et d'ouvrir la voie à un futur urbain plus complexe ?

Pour la représentation urbaine, en particulier, la géométrie interprète effectivement la transformation de forme d'organisation basée sur la notion de simplicité et sa lisibilité. Elle est capable d'illustrer et d'expliquer comment la ville s'organise avec quelle qualité d'organisation d'espace puisqu'elle s'intègre dans la représentation dynamique et visualise la complexités d'agents interactifs. De plus, la géométrie sera l'indicateur et aussi la mesure pour l'opération.

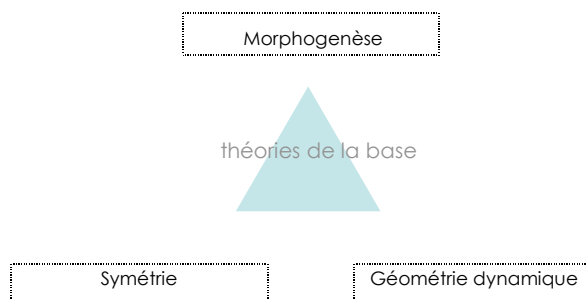


Fig.3.4.2.4 : Les théories de la base

1 2 3 4 5 6

4. Phases de la recherche

4.1 Observation et analyse: l' " Ouest lausannois " vers l' " Arc lémanique "

Nous allons observer et analyser les caractéristiques des métropoles, en se basant sur les phénomènes urbains. Nous envisageons l' " Arc lémanique " comme une nouvelle forme de métropole et allons analyser la singularité de son organisation morphologique. Plus précisément, nous considérons l' " Ouest lausannois " dans l'agglomération lausannoise comme zone d'observation et d'analyse. Nous allons tester une nouvelle méthode d'analyse en appliquant « SIG » et « Manifold » au processus construit. Par ce biais, nous établirons la base des lois morphologiques de morphogenèse urbaine et d'un modèle théorique, la " Multi-échelle ".

4.1.1 Les Métropoles et l'Arc lémanique

La métropole lémanique couvre l'ensemble du territoire qui va de Genève à Lausanne. Elle est vécue et pratiquée à cette échelle. On peut résider à Lausanne, travailler à Nyon, sortir le soir à Genève... : la mobilité contemporaine élargit la perception de la ville à l'échelle de la région entière...ce qui conduit à penser que les métropoles ne se ressemblent pas dès lors qu'elles sont prises dans la globalité de leur réalité physique...P. Berger

Les métropoles actuelles

Citons d'abord la surface et la population de huit métropoles représentatives avec leur forme schématisée pour comprendre les caractères globaux des métropoles.

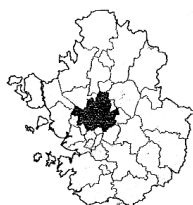
Séoul

surface

population

Métropole-région : 11,753 km², 21,350,000

Ville : 605 km², 9,900,000



Tokyo

surface

population

Métropole-région : 13,494 km², 33,520,000

Ville : 621 km², 8,130,000



Pékin

Métropole-région : 16,808 km², 11,000,000

Ville : 1,370 km², 6,590,000



Singapour

Ville : 683 km², 3,260,000



Londres

Métropole-région : 26,976 km², 18,240,000
Ville : 1,580 km², 7,380,000



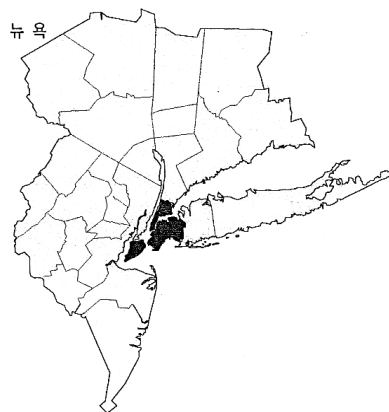
Paris

Métropole-région : 12,072 km², 10,950,000
Ville : 762 km², 6,160,000



New York

Métropole-région : 2,928 km², 32,792,000
Ville : 824 km², 8,010,000



L.A.

Métropole-région : 12,500 km², 12,370,000
Ville : 1,215 km², 3,690,000

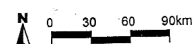
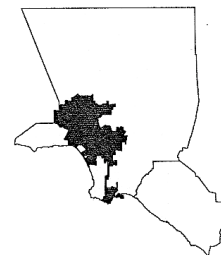


Fig.4.1.1.1 : Métropoles, surface & population (source, Gwang-jung Kim, *International urban form study*)

Les phénomènes urbains et les caractéristiques globales des métropoles

Les métropoles sont des pôles impliquant une très forte " concentration étalée " avec une population d'environ un million d'habitants et plus et avec emplois correspondants. Surtout ces métropoles se caractérisent par une centralité économique mondiale. C'est la cause principale de leur dynamisme. Les réseaux de métropoles dominent la société de l'information. ¹

- **Concentration de pôle urbain**
- **Lien national et international**
- **Croissance économique & démographique**

¹ BASSAND Michel, *Cités, villes, métropoles : le changement irréversible de la ville*, 2007, p.104

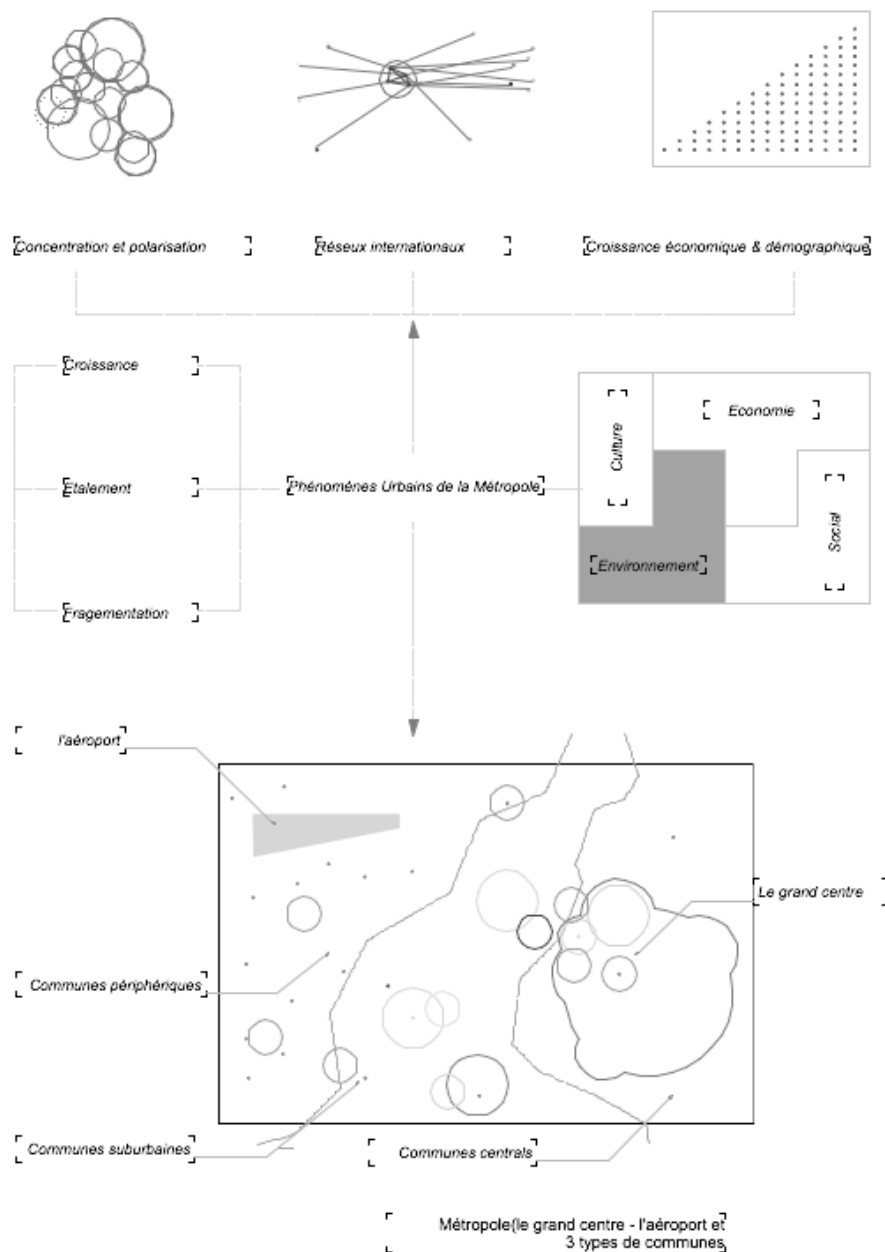


Fig.4.1.1.2 : Les phénomènes urbains et les caractéristiques globales de la métropole

Le phénomène de croissance est partout présent dans les métropoles. Son développement se fait sur le mode de l'étalement et plus encore sur le mode de la spécialisation fonctionnelle du sol et de la ségrégation sociale.

- Croissance
- Étalement
- Fragmentation

Autour de ces trois phénomènes engendrés la métropole est constituée en général par trois types de communes : " la commune *centrale*, la commune *suburbaine* et la commune *périphérique* ". Les phénomènes et les caractéristiques sont devenus universels avec la mondialisation et la globalisation. En même temps, la morphologie des métropoles est attentivement élaborée au-

Une autre métropole, l' " Arc lémanique "

Le contexte des métropoles suisses est particulier comme décrit ci-dessous :

- Examinons le cas du bassin lémanique. Il comporte une forme et une structure très particulières. Sur le plan européen, il est géographiquement minuscule, ceinturé du côté suisse par un ensemble de communes urbaines, suburbaines et périurbaines quasiment contiguës.²

² BASSAND Michel, *ibid*, 2004, p.41

en trois agglomérations principales: Genève, Lausanne et Vevey-Montreux. Et ce système se caractérise par de multiples couches d'espace horizontal entre le lac Léman et le Jura. Les vignes qui sont bien disposées dans la zone agricole comme le patrimonial entre les villes expliquent aussi la topographie et l'orientation de la région. Elle se résume ainsi (source : <http://www.swissinfo.ch/>) :

- *Le bassin naturel de la métropole lémanique:*
- *Population: 1,8 millions d'habitants*
- *Superficie: 8900 km²*
- *Nombre de communes: 810*
- *Cantons suisses: Genève, Vaud, Valais (districts de Monthey et de Saint-Maurice), Fribourg (district de la Broye)*
- *Département français: Haute Savoie+ Ain.*

4.1.2 L'ouest Lausannois dans l'agglomération de Lausanne comme zone d'étude

Le phénomène de croissance, d'étalement et de fragmentation résulte fortement d'une sorte de forme complexe dans les villes de l'Arc lémanique. Les villes de Genève et de Lausanne sont les deux pôles principaux qui régissent la grande agglomération. Le cas de Lausanne est remarquable par quelques singularités :

- *Localisation : point central dans l'axe de Genève et Vevey – Montreux (développement de l'infrastructure et l'espace linéaire)*
- *Programme et lien international : Siège du CIO, l'Université de Lausanne et l'Ecole Polytechnique (même si le réseau international est basé sur l'aéroport de Genève)*
- *Ressources naturelles et agricole : lac Léman et les vignes*
- *Morphologie : une forme de bande longitudinale avec la pente qui descend vers lac*

M. Bassand distingue 3 types de communes contiguës que nous analysons selon les deux caractéristiques : stabilité et continuité ;

- *Commune centre-ville : stable, continue ; réhabilitation (i.g. gentrification) éventuelle comme " Lausanne Métamorphose "*
- *Communes suburbaines : (in)stable, (dis)continue ; agglomération constante*
- *Communes périurbaines : plutôt stable, discontinue*

Et en même temps nous nous intéressons beaucoup dans cette recherche aux communes suburbaines et périurbaines. Bien que la commune centre-ville soit déjà relativement stabilisée, les périphéries sont en train de développer et de changer continuellement leur structure. Plus précisément, nous allons analyser la transformation urbaine dans l'axe de l'espace-temps et établir des lois morphologiques pour préparer la base d'une nouvelle représentation de la morphogenèse à partir de **l'Ouest Lausannois, qui est une zone ayant deux caractères de commune suburbaine et périurbaine, dans l'agglomération de Lausanne.**

Zone d'étude : l'Ouest lausannois

Nous avons choisi l'Ouest Lausannois comme zone d'étude où l'on trouve actuellement une grande dynamique urbaine au sein de la métropole lémanique. Nous y voyons déjà une remarquable croissance de sa construction et la transformation à vitesse considérable. Nous supposons que

l'analyse de l'Ouest Lausannois peut introduire une forme d'organisation structurante qui corresponde aux problématiques périurbaines des métropoles actuelles.

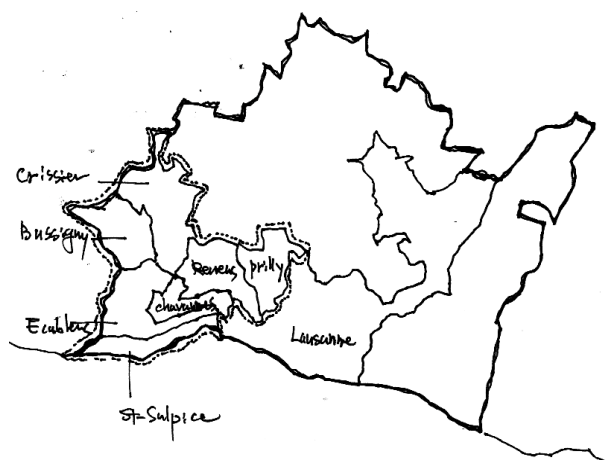


Fig.4.1.2.1 : la ville de Lausanne et les communes de l'Ouest lausannois

L'Ouest lausannois, qui est un véritable laboratoire urbain actuel, montre fortement les caractères et les problématiques de la ville contemporaine comme ci-dessous ;

- Les phénomènes urbains remarquables tels que la croissance, l'étalement et la fragmentation
- L'hétérogénéité des programmes
- La présence de « ressources/contraintes » dans la proximité: lac, cours d'eau, forêts, zones agricoles, l'auto-route, chemins de fer etc.
- L'apparition et l'effet des grands équipements tels que les hautes écoles, les centres commerciaux, la gare, la salle de cinéma multi-plex etc.

L'Ouest lausannois se trouve principalement réparti entre 6 communes, et est situé entre deux communes de caractère suburbain et des communes périphériques.

Commune	Habitants	Superficie totale (ha)	Densité bâtie	Densité humaine nette	Mixité fonctionnelle
St-Sulpice	2'907	185	0.14	31	0.50
Renens	17'343	296	0.42	97	0.51
Chavannes	5'636	165	0.33	75	0.37
Bussigny	7'344	482	0.23	54	0.59
Ecublens	9'681	571	0.24	60	0.97
Prilly	*10'750	217	0.38	86	0.40

Tableau.4.1.2.2 Les statistiques des communes de l'Ouest lausannois, au 31.12.2001 (source : SCRIS), *Dec. 2006 (source : wikipedia)

Les réserves pour l'habitat de faible densité sont localisées dans les communes périphériques, en bordure de l'aire agricole. Ces poches excentrées peuvent, en théorie, accueillir 4'500 nouveaux habitants environ, répartis comme suit (source : Schéma directeur de l'Ouest lausannois, Décembre. 2003, p.15):

- Bussigny +1'400 habitants
- Crissier +1'140 habitants
- Ecublens, Saint-Sulpice +1'250 habitants
- Villars-Sainte-Croix + 380 habitants

4.1.3 Analyse chronologique

L'observation et l'analyse s'effectuera³ sur six communes périphériques de Lausanne. Elles illustreront principalement la croissance de groupes d'habitat et l'apparition de divers programmes collectifs en différents temps.

Par rapport à l'énorme quantité d'informations et l'efficacité de travail à une grande échelle, nous proposons un processus de travail basé sur le système d'information géographique (SIG) et le logiciel " Manifold " pour sélectionner, combiner et visualiser la disposition des bâtiments ayant leurs programmes.

Méthodes :

- Carte⁴, Google Earth (Internet), Visite de sites, SIG – Manifold – Représentation

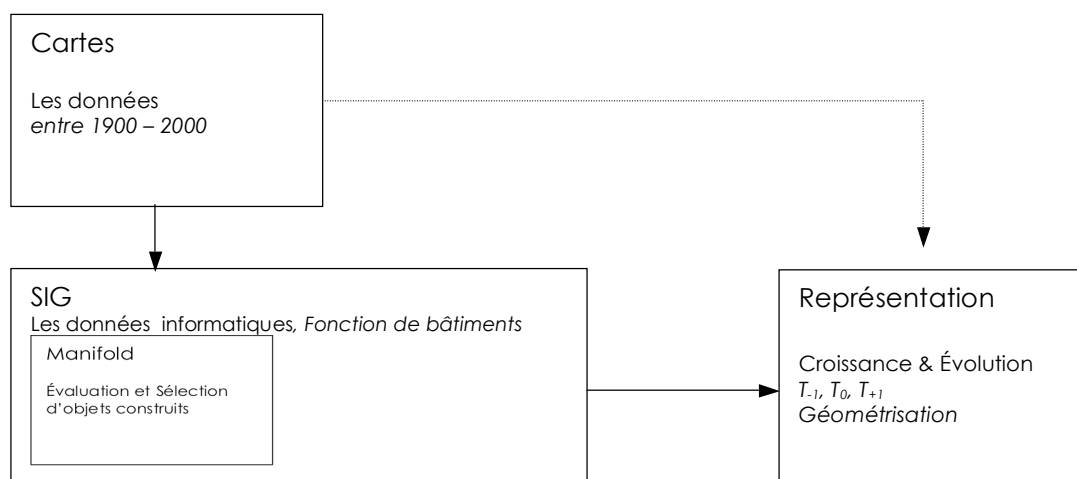


Fig.4.1.3.1 : méthode proposée pour l'analyse construite

A travers ce processus, nous avons distingué deux différents types d'évolution de l'Ouest lausannois.

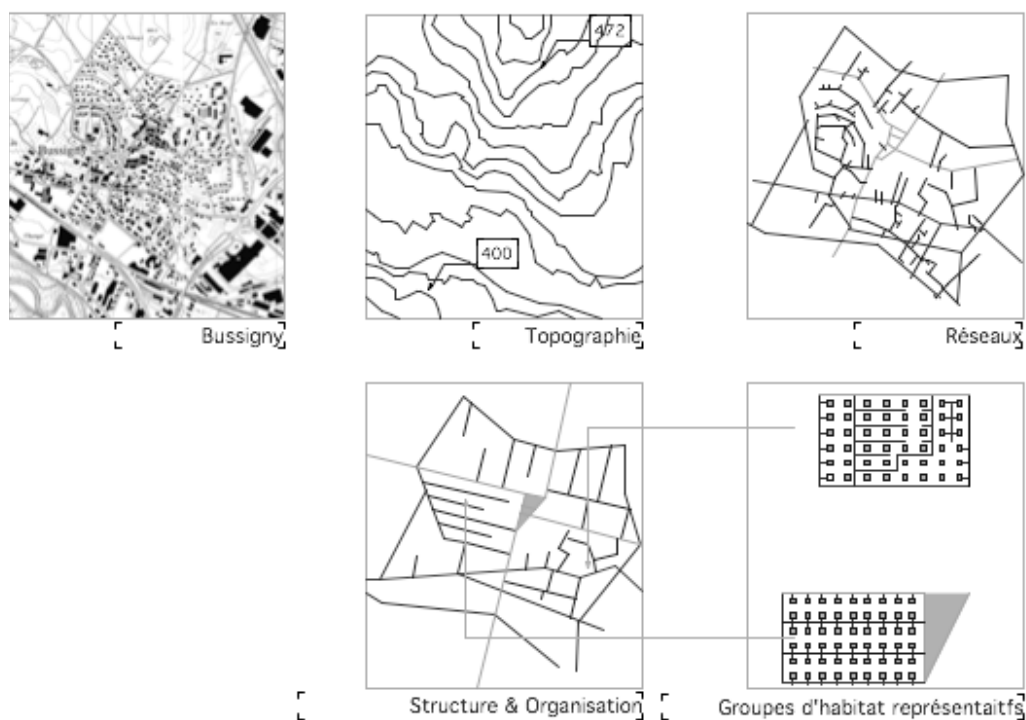
- Propagation des groupes d'habitat ou d'activité
- Apparition successive des équipements collectifs dans différents temps

Pour le cas de la propagation des groupes d'habitat, nous avons choisi trois communes à habitat de faible densité telles que Bussigny, Ecublens, et St-Sulpice. Elles pourront démontrer les plus simples ordres de croissance et d'évolution. En plus, ces communes peuvent accueillir plus de 2700 nouveaux habitants. Ce sont des milieux potentiels pour la croissance urbaine à venir.

l'observation locale dans 3 communes

³ L'application du temps (...T-1, T0, T+1 ...) et de la forme (géométrie) à l'analyse

⁴ Nous utilisons ici les "carte nationale 1 :25'000", "carte Siegfried 1 :25'000" et "carte du territoire de commune 1 :5'000"



En analysant la commune de Bussigny, on voit l'ancien centre de la commune qui se trouve au cœur de l'hexagone et des limites définies par certaines zones agricole et des réseaux de communication. Nous voyons des groupes d'habitat principaux relativement denses sur une grille rectangulaire variée par la topographie. De plus, les équipements collectifs récents apparaissent sur l'axe de route au sud.



Fig.4.1.3.2 : densification interne, Bussigny

Autour des réseaux de communication, les bâtiments d'habitation se placent de manière régulière. Les nouveaux logements se densifient dans les limites créées par les précédents. C'est un cas intéressant pour parler de croissance du groupe d'habitat.

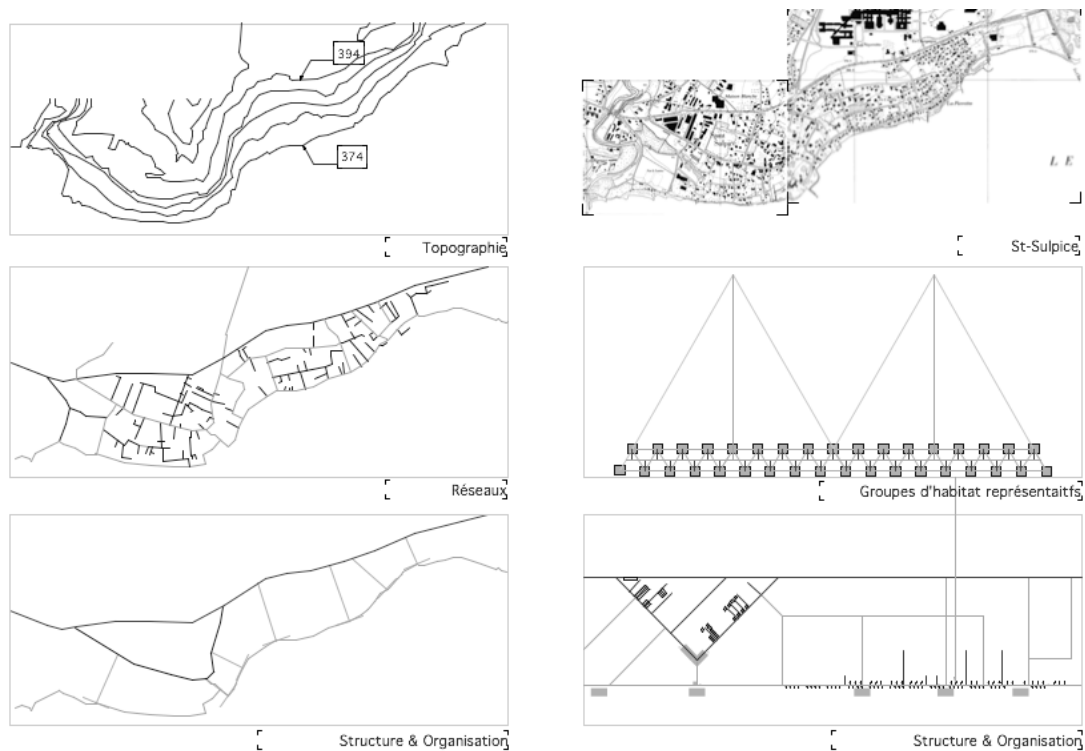


En analysant la commune d'Ecublens, on voit que la disposition des bâtiments a suivi globalement la topographie et l'Av. du Tir Fédéral. Les centres commerciaux et les bâtiments des hautes écoles se trouvent à l'extrémité de la commune. Nous voyons les différents types d'organisation des groupes d'habitats au nord et au sud. Nous nous intéressons au type de groupement plutôt linéaire au sud considérant l'accessibilité et la pente.



Fig.4.1.3.3 : extension et complétude dans un axe, Ecublens - Chavannes

Dans ces deux cas représentatifs, l'extension et la complétude des logements montrent une croissance urbaine similaire mais différenciée dans le temps.



On voit le noyau central qui se compose des commerces, de l'administration et de l'église à l'ouest de la commune de St-Sulpice et l'extension des maisons tout au long du lac. La présence du lac privilégie certaines formes d'organisation de groupes d'habitat sur la pente douce de la commune telle que la forme linéaire et triangulaire.



Fig.4.1.3.4 : extension par maisons individuelles, St-Sulpice

Nous voyons les maisons qui se groupent par la forme d'organisation triangulaire. C'est une organisation qui cherche surtout la qualité de la vue dans la faible densité. C'est un cas particulier du modèle de croissance urbaine.

Nous avons analysé ces communes qui s'expliquent par leur structure et leur organisation globales. Ensuite, nous avons aussi sélectionné et illustré les exemples représentatifs de chaque commune qui ne démontrent pas seulement la croissance de la construction dans l'Ouest lausannois,

mais qui nous font aussi nommer autrement par leur régularité de croissance. Nous proposons de les appliquer comme lois morphologiques telles que "densification, complétude, extension etc." qui expliquent le phénomène de croissance urbaine dans les différentes échelles.

Nous avons ensuite observé l'apparition successive des équipements collectifs autour de la croissance des logements à différentes époques (1900-2000). Ainsi, nous pouvons résumer globalement l'analyse de l'évolution programmatique de l'Ouest lausannois. Par exemple, le cas d'Ecublens se démontre comme ci-dessous :



1900

1920



1940

1960



Fig.4.1.3.5 : transformation urbaine, la commune d'Ecublens (images par Plazanet C.)



Fig.4.1.3.6 : les données informatiques qui indiquent la transformation urbaine, la commune d'Ecublens, de St-Sulpice et de Chavannes (Source : LASIC, EPFL, image retravaillée par Plazanet C.)

En analysant les six communes, nous pouvons résumer la croissance et la transformation successive de l'Ouest lausannois ci dessous :

- 1900 : Habitats dispersés autour du noyau central composé par l'église, les petits commerces et les ateliers à proximité
- 1920-1940 : Extension locale des habitats
- 1960 : Apparition des écoles
- : Croissance colossale de construction des logements.
- 1980 : Amplification de la distribution commerciale et des équipements sportifs
- 2000 : Diversification des programmes (culture & loisirs, grands équipements etc.)

Nous voyons la transformation progressive entre 1900 et 1940 basée sur l'extension de l'habitat autour des centres de village ou de communes. Ensuite, au lieu de la croissance colossale de construction des logements entre 1960-1980, nous repérons aussi la croissance évidente des écoles et les commerces à proximité. Enfin, nous observons une série de restructurations récentes de l'ordre urbain autour de grands programmes tels que les hautes écoles, la gare, le multiplex etc.

4.1.4 Analyse programmatique

Après l'observation et l'analyse chronologiques, nous catégorisons les quatre programmes de base tels que l'église, l'administration, l'école et l'administration et les trois types de programmes divers tels que la culture & les loisirs, le sport & la détente et les grands équipements. Cet analyse basée sur l'identification et la représentation des programmes s'est efficacement faite à l'aide du programme "Manifold". Nous repérons les programmes urbains ci-dessous et visualisons leurs dispositions par le cercle ayant 400m de radius depuis son point central. Ça peut nous indiquer d'abord le centre des villages ou des communes basées sur l'église ou l'administration. Ensuite, nous pouvons aussi illustrer les différentes organisations spatiales par la disposition des divers programmes urbains jusqu'à Lausanne. Enfin, cette analyse sera à nouveau appliquée au chapitre du "système urbain" pour parler précisément du centre mouvant selon les divers programmes urbains. (Le cadre signifie la zone de l'Ouest lausannois)

- Église : violet
- Administration : bleu foncé
- École : bleu ciel
- Commerce : rouge
- Culture & Loisirs : jaune
- Sport & Détente : vert
- Grands équipements : noir

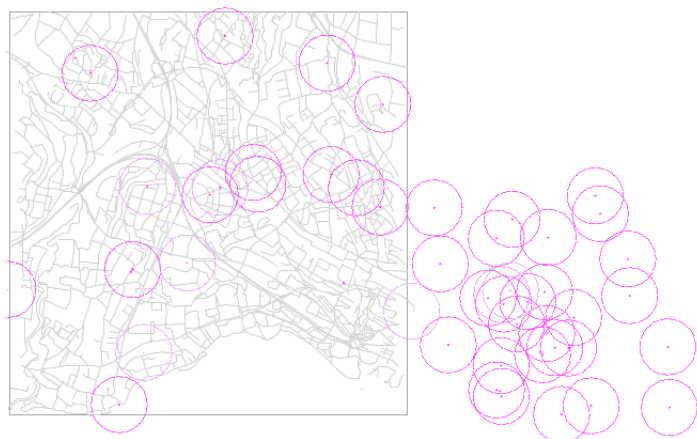


Fig.4.1.4.1 : Église : Éléments d'origine du centre urbain

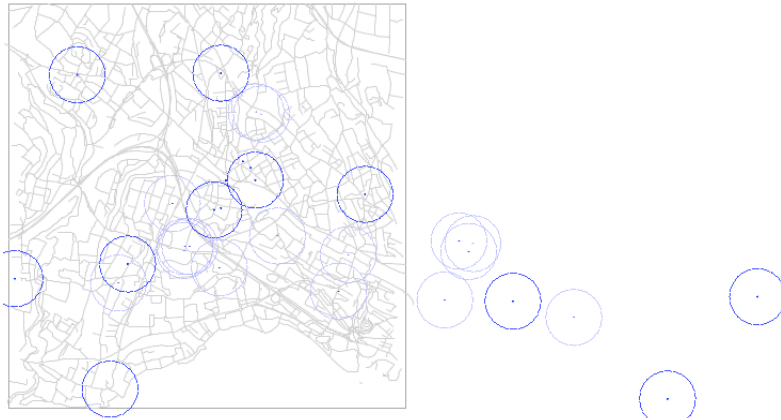


Fig.4.1.4.2 : Administration : Amplification de la centralité autour de l'église

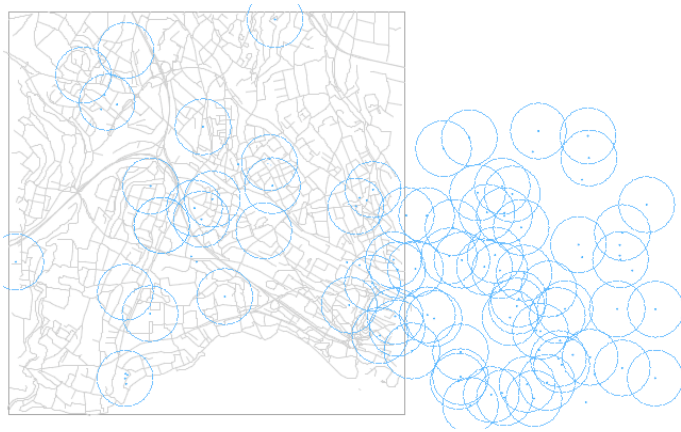


Fig.4.1.4.3 : École : Expansion et dispersion du centre et des lieux d'habitat selon le phénomène de croissance



Fig.4.1.4.4 : Commerce : Concentration sur les réseaux de distribution- l'autoroute, les chemins de fer etc



Fig.4.1.4.5 : Culture & Loisirs : Concentration sur le grand centre de Lausanne et autour du lac

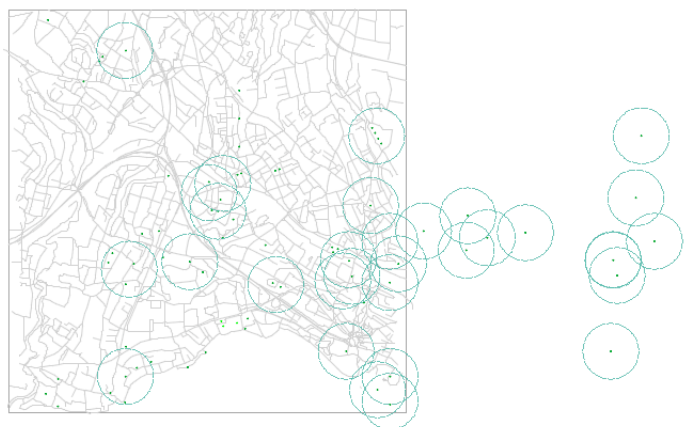


Fig.4.1.4.6 : Sport & Détente : Lien avec l'environnement naturel et avec l'école



Fig.4.1.4.7 : Grands équipements : Apparition de grands programmes -les grandes écoles, la gare, les centres commerciaux, les hôpitaux, multiplex, etc- et restructuration de milieux urbains

Combinaison des programmes et nouvelle organisation de l'espace



Fig.4.1.4.8 : Église + Administration : Cette image illustre les cercles juxtaposés par la disposition du programme comme l'église et l'hôtel des communes périphériques. Ils représentent surtout les points d'origine des centres urbains d'aujourd'hui.

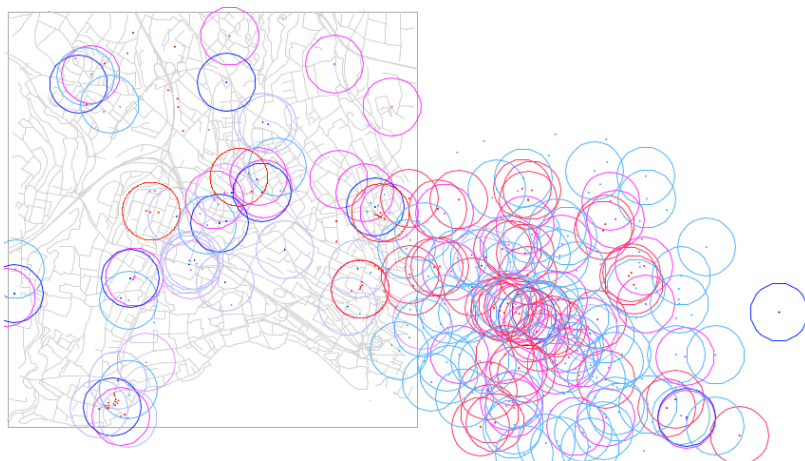


Fig.4.1.4.9 : Église + Administration + Commerce + Ecole : En ajoutant le programme de commerce et d'éducation, nous commençons à voir une concentration forte au centre de Lausanne et une vibration perceptible entre les programmes divers autour de l'Ouest lausannois.

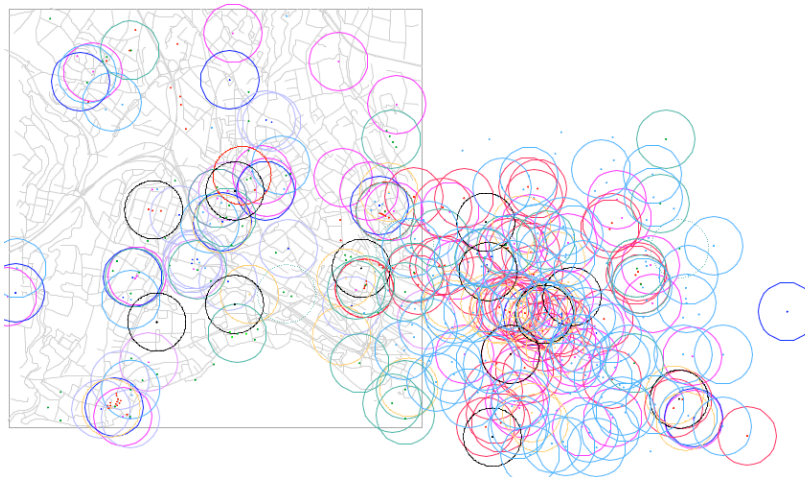


Fig.4.1.4.10 : Église + Administration + Commerce + Ecole + Sport & Détente + Culture & Loisirs + Grands équipements Nous arrivons à remarquer un autre type de concentration. Les cercles juxtaposés se relient par les grands équipements en noir. (Ce phénomène sera expliqué en détail dans le chapitre de milieu continu & connectivité plus tard)

Au-delà de cette image finale, nous pouvons remettre en question l'idée de centre urbain, en particulier dans les zones étalées et instables comme l'Ouest lausannois.

- *Que signifie le centre urbain aujourd'hui ?*
- *Est-ce qu'il y a des moyens pour créer ou restructurer le centre urbain ?*
- *Et comment peut-on valoriser et gérer ces différents programmes dispersés autour des anciens centres du village, de commune, de ville ?*

Nous supposons que les réponses sont étroitement liées à la nouvelle centralité basée sur le système urbain. Nous allons expliquer l'établissement et l'évolution du système par la valeur programmatique dans les prochains chapitres de " la Multi - échelle et la dynamique".

Perspective et discussion

Nous avons élaboré un autre type de métropole, la métropole lémanique. Même si la superficie et la population ne sont pas tout à fait comparables aux autres métropoles, la composition et la configuration de la métropole lémanique sont significatives. C'est un système linéaire composé par plusieurs pôles associés et ce système global est basé sur la plus petite structure de la " commune ". Ces pôles sont indépendants et en même temps ils sont bien reliés par les réseaux. Avec cette dualité, les éléments construits et naturels engendrent divers liens complexes produisant la dynamique urbaine.

Nous avons commencé à étudier la croissance et l'évolution de l'environnement construit (plus précisément des bâtiments construits) dans la zone ouest de l'agglomération de Lausanne et à diverses époques. Ça nous a permis de reconstituer et de visualiser la transformation physique de l'aire urbaine.

En revanche, nous ne négligeons pas la valeur des infrastructures comme les systèmes de transport et l'élément naturel. Ils sont des " ressources – contraintes " qui se sont présents et contraignent constamment l'évolution de la ville. Ils sont la base, mais ne les présentons pas provisoirement. Ils se rejoindront plus tard à la fin du processus d'analyse.

L'analyse se fait au-delà de la limite traditionnelle de la ville. Il y a ni parcelle, ni zone d'affectation ni limite administrative dans l'analyse chronologique et programmatique. En plus, elle se caractérise par la disposition et la combinaison des programmes. Initialement, cela se rejoint le postulat que la ville s'organise par le programme.

C'est une démarche qui permet de redéfinir le centre urbain. L'apparition successive et l'ensemble des équipements collectifs peuvent permettre de modifier la forme et l'organisation du centre urbain. Le centre urbain sera reconsidéré et aussi développé par la diversification des programmes urbains et le changement de leur valeur.

Dans ce chapitre, nous avons considéré la simple catégorie de programmes en fonction du SIG pour indiquer la localisation et visualiser l'évolution de l'organisation programmatique. Par contre, **l'étude et le développement de multiples critères ou indicateurs sur le programme urbain** seront nécessaires pour représenter et restructurer autrement la ville contemporaine. C'est un champ en urbanisme à développer à l'avenir pour faire avancer l'étude sur la forme d'organisation de la ville.

4.2 Modélisation de base

4.2.1 Modèle théorique : vers une nouvelle représentation de la métropole

Modèle théorique, une nouvelle échelle de la ville

Nous présentons dans cette section le nouveau modèle théorique basé sur la multi-échelle de la ville contemporaine, établi sur la base de différents niveaux d'observation et de regroupement des objets de l'environnement naturel et construit.⁵ Nous supposons l'idée d'un système complexe, d'un processus ascendant et de dynamiques, en établissant le nouveau cadre de la multi-échelle et en l'intégrant à la transformation de la métropole d'aujourd'hui.

Qu'est-ce qu'un nouveau modèle de la ville ?

Ackoff introduit la notion de modèle idéal en parlant de “ **représentation idéalisée de la réalité afin de faire apparaître certaines de ses propriétés** ”. La fonction primaire d'un modèle est de permettre d'anticiper les conséquences d'un choix... Nous utilisons de cette façon notre modèle interne pour **expérimenter virtuellement certains choix et anticiper les conséquences**. Un modèle est donc une certaine représentation de la réalité censée se comporter comme elle. Cette représentation peut revêtir différentes formes. (Zwirn, 2006, p. 51) Ces remarques, selon la notion de modèle, sont essentielles en science mais aussi pour parler de la ville.

Quand on parle d'un modèle de ville, nous nous rappelons facilement quelques images telles que la *Garden city* de Howard ou la *Cité radieuse* de Corbusier, qui dérivent de la démarche utopique. Nous avons aussi beaucoup entendu parler de modèles décrits comme “radio-concentrique, fuseaux, cité linéaire, archipel, itinéraires, arlequin”, qui permettent d'éclairer autrement et de comprendre la morphologie et la structure du grand territoire et de la ville.

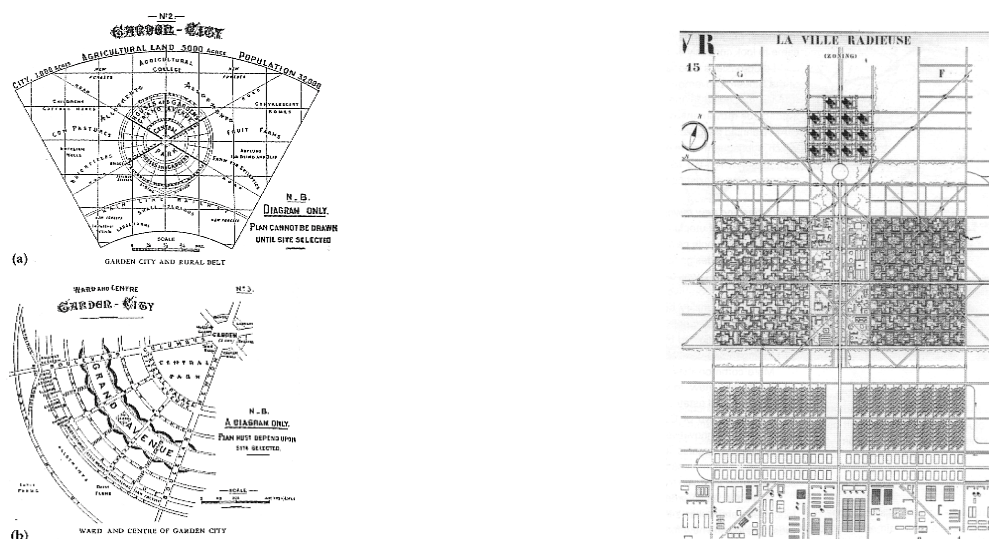


Fig.4.2.1.1 : deux modèles urbains, Garden city et Cité-radieuse, extraits de Lynch K. *A theory of good city form*, 1981 pp.60-61

⁵ PLAZANET Corinne (Réd.), *Morphogenèse de la Métropole: Rapport final*, Prof. Berger, Labo.UTA-INTER-EPFL, 2008 p. 65

Nous interrogeons la bonne mesure et le nouveau cadre de la morphologie urbaine, qui sont aujourd'hui beaucoup plus complexes, instables et dynamiques. Ainsi, nous proposons le modèle de multi-échelle basé sur la notion de système, de processus et de dynamique. Nous apportons de nouvelles lectures de la morphologie urbaine dans les différentes échelles.

Le modèle qu'on propose ici nous permettra de **REPRESENTER** et d'**EVALUER AUTREMENT** l'effet physique de la ville instable. Ainsi, ce modèle **ANTICIPE** la transformation de structures de la ville sur la stratégie urbaine.

Nouvelles stratégies urbaines pour revaloriser les structures urbaines

François Ascher (1995) parle de " métropolisation " pour désigner le phénomène de croissance et de multiplication des grandes agglomérations urbaines d'une part, de concentration accrue des populations, des activités et des richesses dans celles-ci d'autre part. (J. Véron, l'urbanisation du monde, 2006, p.27) Archer propose le nouveau terme de " métapolisation " pour signifier un double processus de métropolisation et de formation de nouveaux types de territoires urbains, les *métapoles*⁶. A travers cette *métapolisation*, les villes changent d'échelle et de forme. Ces phénomènes urbains engendrent une mutation conséquente à une dynamique urbaine multiple.

Cette dynamique a premièrement été étudiée pour observer les changements de mode de vie dans la sociologie urbaine. Puis, elle a également été largement appliquée dans la statistique démographique pour quantifier les flux de migration.

Dans la morphologie urbaine, nous avons besoin d'un nouveau modèle urbain pour comprendre et expliquer la ville d'aujourd'hui, sa complexité, son processus et sa dynamique. Pour ce faire, nous supposons ici que la ville suive les phénomènes urbains tels que la croissance, l'étalement et la fragmentation comme un effet physique dans un environnement construit et naturel à travers le processus de sa propre morphogenèse.

Selon Ascher F., il existe plusieurs stratégies pour revaloriser les structures urbaines que nous trouvons importantes à prendre en compte lors de l'élaboration du modèle :

- *Intégrer les nouveaux modèles de performance*
- *Adapter les villes à la diversité des composants*
- *Concevoir les lieux en fonction des nouvelles pratiques sociales*
- *Agir dans une société fortement différenciée*
- *Requalifier les espaces urbains*

Ces nouvelles stratégies urbaines peuvent être utilisées pour confronter des situations problématiques de la ville. Elles ont un effet sur les constituants du système qui réagissent de manière cognitive et qui se reconstituent selon un processus d'interaction et d'adaptation. Ainsi nous supposons que la métropole comme un système peut être requalifiée par ses diverses composantes et

⁶ C'est-à-dire de vastes conurbations, distendues et discontinues, hétérogènes et multipolarisées... la métapolisation, comme globalisation, induit un double processus d'homogénéisation et de différenciation, F. Ascher, *Les nouveaux principes de l'urbanisme*, 2004, p.60

interactions complexes. Cet argument est intéressant selon l'idée que la transformation de la ville est basée sur la croissance. En passant de l'époque du " baby boom ", de la " masse production et consommation masse " et de la " société informatique ", l'on a construit beaucoup de logements et les divers équipements collectifs nécessaires. Par la suite, l'apparition des nouveaux programmes et leur hybridation nous font considérer un autre type d'environnement construit et naturel, qu'il est beaucoup plus complexe et dynamique.

Christopher Alexander a aussi bien expliqué la structure de la ville selon l'ordre complexe dans ses œuvres, *A timeless way of building*, *Pattern language* et *The nature of order*, etc. La complexité de la ville se trouve par certains caractères dérivés de l'interaction et liens entre les différentes parties dans les différentes échelles.

Nous supposons que le nouveau modèle théorique de la " multi-échelle " peut enrichir et représenter autrement la morphologie dynamique et complexe de la ville.

4.2.2 Morphologie dynamique & Morphogenèse de la ville

La ville a été souvent considérée comme un système qui est composé par plusieurs éléments ou composants. Et la morphologie de la ville a été définie par l'étude de la forme et structure globale, et la description de composition d'éléments urbains.

Nous supposons que la ville est considérée comme un " système complexe " qui aboutit à une nouvelle morphologie à travers la morphogenèse en admettant la transformation radicale des villes contemporaines. Nous allons démontrer que la vision de nouvelle morphologie urbaine est basée sur les trois propriétés du système complexe tels que la complexité, le processus et l'évolution.

Le système complexe est présent partout, en biologie, en éthologie, en économie, etc. H. P. Zwirn propose une caractérisation générale du **système complexe selon certaines propriétés**⁷ tels que *l'holisme, l'auto-organisation - l'émergence, l'adaptabilité et l'évolution - la sélection*.

⁷ Zwirn, *ibid*, 2006, pp.19-21

- *Holisme*

Un système complexe est composé d'un grand nombre de constituants qui interagissent de manière non triviale, c'est-à-dire non linéaire ou avec des boucles de rétroaction. Chaque composant contribue au comportement global à travers ses interactions locales avec les autres. « Le tout est plus que la somme de ses parties ».

- *Auto-organisation et émergence*

La richesse des interactions permet au système de s'organiser de manière spontanée. Cette auto-organisation fait en général apparaître des propriétés globales du système.

- *Adaptabilité*

Les systèmes complexes peuvent se modifier pour devenir plus performants dans leur environnement, c'est-à-dire mieux adaptés. Cette modification affecte leur structure. Cette capacité d'adaptation est une caractéristique essentielle des systèmes complexes liée à leur faculté d'auto-organisation.

- *Évolution et sélection*

Lorsqu'on considère des générations successives de systèmes complexes du même type qui se reproduisent et se modifient, on constate une évolution. Les systèmes porteurs des modifications les plus appropriées sont privilégiés alors que les moins efficaces finissent par disparaître.

En considérant ces propriétés, nous avons revisité l'idée de " Re ⁸" de E. Morin et l'avons intégré au système complexe. Nous faisons ressortir et affinons les caractéristiques du système complexe afin qu'elles nous fassent aboutir à la nouvelle idée de " ville organique ". Le système est donc d'abord conçu ici comme le concept de " Re " de base concernant l'organisation radicale, multiple, totale, globale et complexe. Ensuite, le système peut se caractériser par l'interaction entre les divers composants basés sur des règles simples, le nouveau processus dans les échelles et la hiérarchie ainsi que l'adéquation interne dans le contexte. Ainsi le système complexe représente dès lors la morphologie de la ville en termes de " ville organique ".



Fig.4.2.2.1 : diagramme de forme organique

Cette " ville organique " que nous proposons n'est plus une image mimétique de la nature, mais une forme d'organisation, plutôt complexe mais pas compliquée (voir **Fig.4.2.1.3**). La forme de la ville peut être représentée en termes de dynamique et désormais organique. Nous supposons que cette forme se définit par une certaine logique et un ordre caché et peut se représenter par de simples géométries puisque les géométries démontrent facilement l'interaction et la transformation grâce à leurs simplicité et lisibilité.

- La ville est semblable complexe : les nombreuses parties et leurs interactions dans différents échelles
- La ville s'organise et maintiens sa structure : transformation et adaptation
- La ville peut être optimale : selon la qualité d'organisation obtenue par la forme géométrique des entités et le rapport avec l'environnement

Ainsi la forme complexe de la ville qui se résume par les caractéristiques organiques de la complexité, d'évolution et d'optimisation et se dévoile par les géométries euclidiennes.

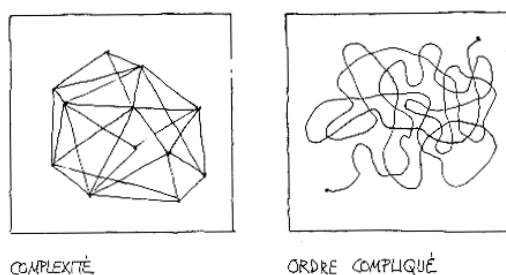


Fig.4.2.2.2: organisation complexe et compliquée, l'image extrait de Y. Friedman

⁸ " Re " est conceptuellement *radical* (à la racine de tous les concepts comportant notamment les idées de répétition, recommencement, récursion), *multiple* (puisque'il se diversifie dans les multiples concepts dont j'ai fait un tableau sommaire et sans doute insuffisant), *total* (concernant tous les phénomènes et niveaux de l'organisation vivante), *global* (concernant la vie dans son ensemble) et enfin *complexe*. E. Morin, *La méthode* : 2. *La vie de la vie*, Seuil, pp.345-346

Dans ce schéma de conceptualisation de la forme organique de la ville, l'identification des composants et des interactions, l'établissement des différentes échelles et la hiérarchie basée sur la gouvernance sont indispensables pour parler de la nouvelle morphologie urbaine du point de vue du système complexe. Enfin, l'autre vision sur la ville en tant que système complexe qui se développe et s'adapte aux milieux urbains est née.

- *Les entités construites dans les multi-niveaux*
- *Le processus ascendant, " du plus petit vers le plus grand "*
- *L'adaptation par le facteur interne et externe*

Nous allons développer les points ci-dessus en construisant le concept de nouveau modèle de système complexe de la ville.

4.2.3 Multi-échelle : entité construite, groupe d'invariant, système urbain, milieu continu vers Σ

Construire un modèle de système complexe consiste tout d'abord à **identifier ses constituants** (les agents) et **les interactions** qui engendrent leur dynamique. Pour associer aux agents une représentation adéquate dans un langage informatique et enfin programmer les interactions, il est toujours obligatoire d'**adopter une description simplifiée du système** étudié car ses caractéristiques réelles sont à la fois trop nombreuses ou trop subtiles pour être appréhendées en totalité⁹. Ce qui est importante, c'est la présence des différentes échelles, parce que les agents influencent l'un et l'autre par fois dans l'échelle d'autre fois à travers les échelles. C'est la vraie complexité de la ville.

Nous appliquons cette idée d'un système complexe au nouveau modèle de la métropole en termes de " multi - échelle ". Nous avons commencé à élaborer trois échelles – micro, méso et macro- (voir le rapport, Plazannet, *Morphogenèse de la métropole*, 2008, p. 66) en tant que multi-échelle au début de la recherche. Nous les avons renouvelées et présentons ci-dessous les quatre nouvelles échelles : " Entité construite, Groupe d'invariant, Système urbain et Milieu continu ". qui substituent aussi l'échelle de l'édifice, de l'ensemble, du quartier et de la " ville " selon l'observation et l'analyse de la région lémanique :

- *L'échelle de la " ville " → " **Milieu continu** "*
- *L'échelle du quartier → " **Système urbain** "*
- *L'échelle de l'ensemble de groupe → " **Groupe d'invariant** "*
- *L'échelle de l'édifice → " **Entité construite** "*

L'idée repose sur l'intégration et l'emboîtement des multiples échelles à l'image des poupées russes. Les échelles inférieures participent à la construction des échelles supérieures. La hiérarchie peut comporter plusieurs niveaux d'organisation satisfaisants individuellement et globalement. Mais chaque échelle peut fonctionner par différentes logiques et mécaniques. Dans ce système en gradins/emboîtements¹⁰, " les plus hauts niveaux disposent d'un contrôle minimal des activités de niveau inférieur, afin d'accomplir les fins du tout ".

⁹ Zwirn, *ibid*, 2006, p.52

¹⁰ F. Jacob a expliqué que « chacune des unités constituées par l'intégration des sous-unités peut être désignée par le terme général d'integron. Un integron se forme par l'assemblage d'intergrons de niveau inférieur : il participe à la construction d'un integron de niveau supérieur »

Bien que chaque échelle, qui se définit par ses composants et ses interactions, influence les unes et les autres, nous découvrons dans les différentes échelles les propres propriétés, les différentes formes de dynamique et les nouvelles notions urbaines singulières basées sur les phénomènes de croissance, d'étalement et de fragmentation. Nous illustrons les multi-échelles simplifiées avec leurs composants et les formes d'interactions ci-dessous ;

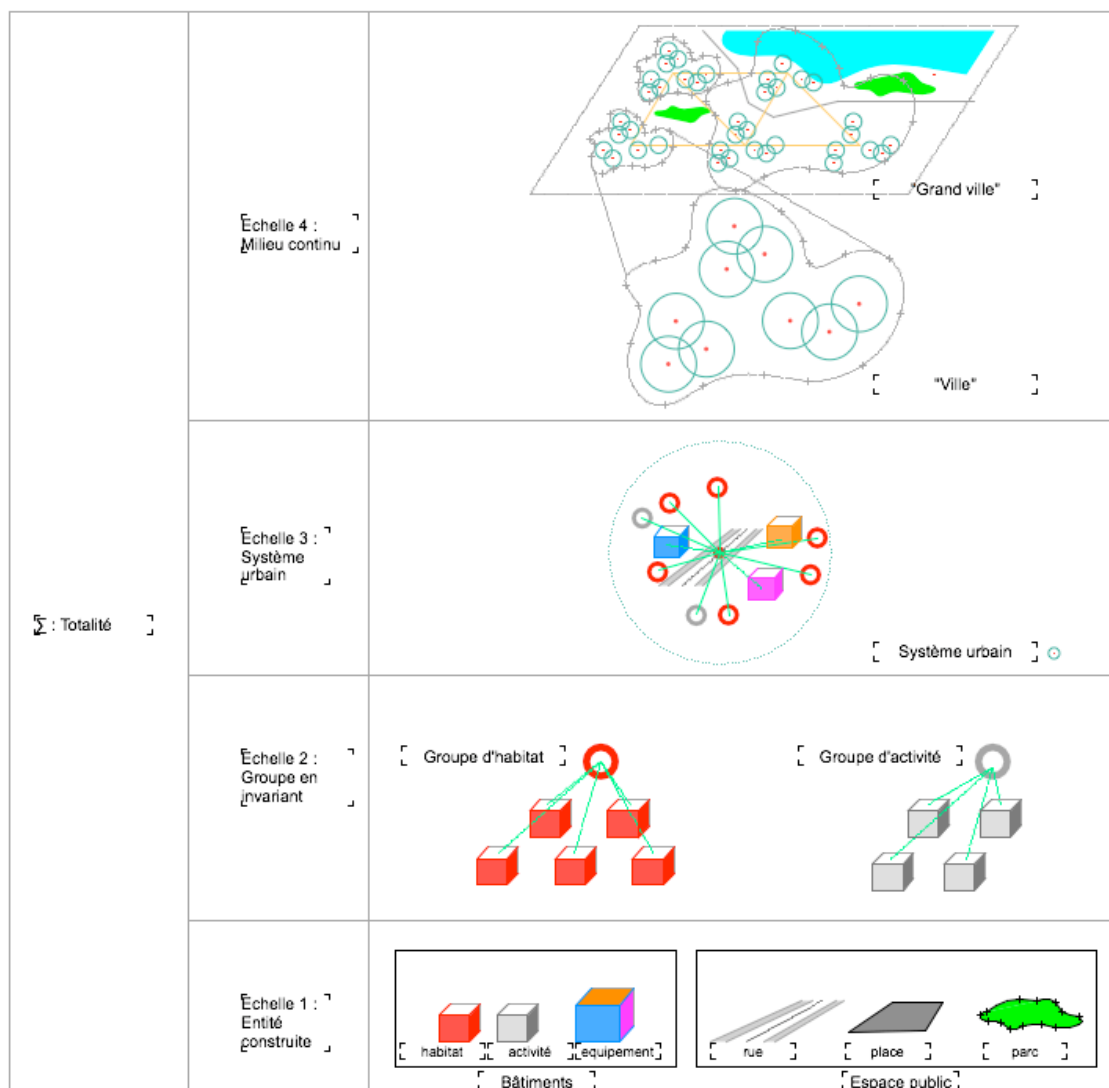


Fig.4.2.3.1.: Vue simplifiée de la modélisation multi échelle de la métropole, l'image redessinée et modifiée par J-J. Park de celle de C. Plazanet dans le rapport de Morphogenèse de la métropole

L'idée systémique de hiérarchie se définit en termes d'englobement / stratification / intégration. La hiérarchie suppose au moins deux niveaux d'unité. Celui des parties et celui de tout. Mais la hiérarchie peut comporter plusieurs niveaux d'organisation à la fois satisfaisants et englobants : ainsi, pour un organisme vivant, les molécules sont intégrées/englobées dans les organelles, qui sont intégrées/englobées dans les cellules, lesquelles, sont intégrées/ englobées dans des tissus ou organes, lesquels sont intégrées/englobées dans l'organisme. Dans ce système en gradins/emboîtement, « les plus hauts niveaux disposent d'un contrôle minimal des activités de niveau inférieur, afin d'accomplir les fins du tout », Morin E. La méthode : la vie de la vie, 1980, p.310

- L'échelle d' "**Entité construite** " : les bâtiments construits individuels tels que l'habitat, l'activité et l'équipement et les espaces publics tels que la rue, la place et le parc (voir aussi p. 88)
- L'échelle du "**Groupe d'invariant** " : plusieurs habitats ou activités se mettent ensemble selon des propriétés communes tel que le programme, la proximité et la forme géométrique.
- L'échelle du "**Système urbain** " : l'ensemble des divers programmes tels que l'espace public, les groupes d'habitat ou d'activité et les équipements collectifs.
- L'échelle du "**Milieu continu** " : la restructuration de milieux urbains par plusieurs systèmes continus

Perspective et discussion

Notre étude sur la multi échelle de l'agencement spatial de la métropole propose une nouvelle représentation abstraite de la ville basée sur les entités, les groupes d'habitat et d'activité en lien avec les programmes collectifs et autres espaces publics, eux-mêmes regroupés en systèmes pouvant devenir des quartiers et une " ville " en cas de forte identité.

Cette modélisation offre la possibilité de considérer ces individus construits, groupes et systèmes comme de nouveaux acteurs qui participent potentiellement aux processus décisionnels. De plus, elle apporte un enrichissement important aux modèles S.I.G. classiques qui pourrait intéresser d'autres applications.¹¹

Enfin l'approche multi-échelle est indispensable non seulement pour des questions de représentation, mais également pour **introduire la notion hiérarchique de gouvernance**. Comme évoqué précédemment, **la métropole d'aujourd'hui est considérée comme un système d'auto-organisation**. Cependant il reste une part de gouvernance sous forme de planification encore quelque peu suivie. Et si nous voulons un jour parler de stratégie urbaine, il nous faut comprendre comment des groupes d'habitats par exemple ou des sous-système du système complexe qu'elle constitue aujourd'hui peuvent réagir à l'introduction des programmes collectifs(aussi un grand programme) .

¹¹ PLAZANET Corinne, *ibid*, 2008, p. 66

4.3 Quatre nouvelles échelles, modèle théorique de “ multi-échelle ”

4.3.1 Echelle d’ “ entité construite ”

1. Définition

Pour comprendre la forme de la ville d'aujourd'hui, nous cherchons à analyser la structure selon les composantes de la ville. Par exemple, la figure du tissu urbain, sa forme globale est l'effet d'une organisation de ses composants en constante mutation.

Pour décrire la forme de la métropole, partons d'une forme élémentaire de ville pour aller du plus petit vers le plus grand (notion de hiérarchie et d'échelle). Ceci permet de re-identifier les composantes de la ville et leurs interactions. Nous souhaitons mettre en évidence l'importance de la disposition et de l'interaction des éléments individuels et de leurs fonctions comme programmes organisateurs de la ville.

Commençons par définir la première échelle de la ville: “ l'entité construite ”.

qu'est-ce qu'une “ entité construite ” ?

C'est la définition des éléments de la plus petite échelle de la ville. Nous substituons du langage courant - le bâtiment, l'édifice et l'artefact - par l'entité construite. Cette entité se caractérise par la notion d’ “ **agent** ” contenant un programme, celui-ci induisant certaines interactions. Les entités construites interagissent entre elles par leurs programmes et sont la base de l'organisation de la ville. Ces entités à travers les différentes échelles se transforment en groupe, en système urbain et en milieu continu.

classification d’ “ entité construite ”

Nous proposons ici l'entité construite ayant la dimension d’ “ individu - soi ”, premier niveau d'organisation de la ville. En considérant la croissance urbaine, nous supposons que chaque entité construite peut être considérée comme un agent cognitif qui interagit avec les autres selon son programme¹ dans la proximité. Ces entités communiquent entre elles afin qu'elles entrent en relation avec d'autres entités construites similaires. Certaines entités possédant un programme symbolique ou collectif peuvent devenir des éléments attractifs. La ville peut être organisée différemment selon l'apparition des programmes communs ou singuliers des entités construites. Les composants généraux de l'état urbain sont considérés de notre point de vue comme capables d'auto-organisation, voir ci-dessous ;

¹ . Nous supposons que **le programme** n'est pas simplement l'usage et la fonction du bâtiment mais aussi **il est saisi comme moteur d'interaction et de dynamique entre les entités construites des milieux urbains.**

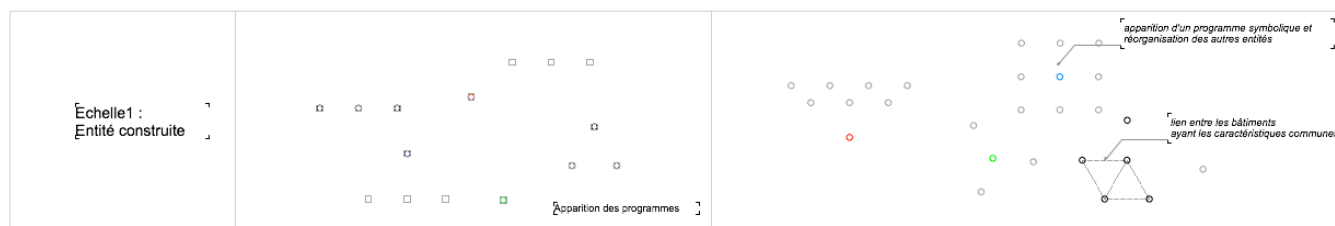


Fig.4.3.1.1 :: Entité construite, apparition des programmes

Au niveau micro (échelle d'observation locale), l'aspect programmatique du milieu urbain nous conduit à distinguer les programmes suivants : (voir aussi Fig.4.2.1.5 *vue simplifiée de la modélisation multi échelle*)

Le bâti : Ce peut être un bâtiment, une ou plusieurs surfaces abritées par un bâtiment, ou un ensemble de bâtiments.

- **Habitat (H)** : un tissu bâti spécialement affecté aux logements qui constituent en général la fonction principale de la ville. Ce peut être une maison individuelle, ou un logement collectif de moyenne ou de forte densité.
- **Activité (A)** : un tissu bâti ou des bâtiments affectés à la production et distribution qui constituent également une des fonction première de la ville. Ce peut être une usine, un dépôt collectif de moyenne ou de forte densité.
- **Équipement (E)** : bâtiment à usage collectif qui permet d'assurer les services publics : administration, éducation (école, université), santé (dispensaire, hôpital), commerce, travail (atelier, usine, bureau), culture (théâtre, cinéma), religion (lieu de culte), etc. Les équipements peuvent jouer un rôle important en tant qu'attracteurs ou répulseurs dans le milieu urbain.

Les réseaux : chemins, rues, routes, réseaux de transport publics et leurs arrêts (train, bus, métro), réseau hydrographique, réseau informatique etc.

Les espaces publics (EP) : On définit un espace public comme étant un lieu ouvert caractérisé par un flux important de personnes utilisant les services publics à disposition ou encore par une forte concentration d'équipements alentour qui font vivre les activités publiques et privées du voisinage. Ce peut ainsi être :

- **Rue** : tronçon de rue particulier. Par exemple : *Broadway avenue* à New York, *Oxford Street* à Londres, ou *avenue des Champs-Élysées* à Paris.
- **Place** : lieu public découvert constitué par un espace vide et des bâtiments alentour. Elle est historiquement associée à au moins un édifice essentiel ou prestigieux de la ville et aux systèmes de circulation pour piétons ou véhicules. Par exemple, *la Piazza del Campo* à Sienna ou *la Place du Palais Royal* à Paris.

- Parc : espace vert aménagé pour accueillir les activités ou loisirs des citoyens. Par exemple, *Central park* à New York ou *Hyde park* à Londres.

La nature : les éléments naturels : cours d'eau, rivières, fleuves, lacs et océans, bosquets, forêts, collines, monts, montagnes, falaises etc.

Nous définissons les bâtiments d'habitats et d'activités, les équipements collectifs de type bâti et les espaces publics (la rue, la place et le parc) comme principaux agents du système complexe de la ville.

En général, les réseaux et la nature sont les éléments indispensables de la morphologie urbaine. Ils sont des ressources et constituent des contraintes urbaines tout en émettant un effet au niveau de la totalité " \sum " en tant qu'indicateurs qui complètent la forme de la ville. En revanche, nous ne les illustrons pas comme des agents dans le processus et dans la représentation locale de morphogenèse afin de mieux décrire tout d'abord l'interaction entre les bâtiments construits. Les réseaux et la nature se rejoignent plutôt à l'échelle de Milieu continu.

Nous supposons que la localisation d'un programme en tant que ressource ou perturbateur peut apporter un effet de dynamique considérable aux milieux urbains. Cette échelle d'entité obéit en général à trois catégories de dynamiques tels que " *Attraction & Répulsion*", " *Voisinage*" et " *Pouvoir symbolique*." (Voir page. 93-97) En effet, une bonne partie des processus urbains se déroulent à une échelle locale.

2. De l'individualité vers une identité collectifs

production de " Soi " et évolution

Tout dans la nature songe à soi et ne songe qu'à soi
Diderot

Les bâtiments qui sont des composants de base de l'entité construite sont désormais actifs. Ils réagissent et créent les liens. Nous employons l'idée de " Soi " de Morin pour décrire le caractère général de l'entité construite. C'est une idée qui repose sur une constellation d'idées : l'**autonomie**, l'**être**, l'**existence**, et l'**individualité**.

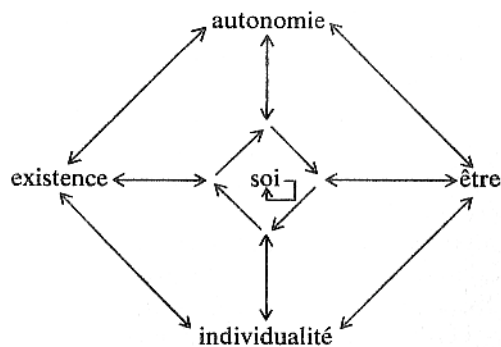


Fig.4.3.1.2 : le schématisation de l'idée de " soi " , extrait de Morin, ibid, 2000, p. 213

Le principe d'identité n'est pas : Soi = Soi. L'identité surgit, non comme équivalence statique entre deux termes substantiels, mais comme principe actif relevant d'une logique réursive ainsi le " soi " s'explique par la générativité (être généré par le même) et l'état statinaire (avoir de la constance dans son être en dépit des variations et perturbations). Ainsi, il y a production de soi !

L'idée importante : le soi n'est jamais immobile ; il est toujours animé, toujours animant. Nous sommes avec le soi à la source de ce qui deviendra l'auto propre à l'être vivant (auto-organisation, auto-réorganisation²).

Considérons la ville en tant que système complexe de l'environnement construit et naturel. Décomposons la en unités d'éléments plus petits pour analyser la transformation de la ville basée sur la croissance. Cependant, **chaque entité construite va produire un soi avec son programme en évolution. Par la suite, considérons les liens créés avec les autres.** En général, on découvre des entités singulières et d'autres qui ont des caractéristiques similaires. Les entités singulières que sont les bâtiments symboliques influencent l'organisation d'autres entités identiques comme les groupes d'habitats ou d'activité. Ces entités sont capables de faire évoluer leur programme et la forme d'organisation avec les autres, en passant par le propre processus de morphogenèse.

édifice, artefact et aspect collectif d'entité

Revenons à la définition d'entité construite pour décrire quelques notions importantes – édifice et artefact – afin d'aboutir au caractère collectif de l'entité construite dans le milieu urbain.

² Morin E., *La méthode : 1. la nature de la nature*, Seuil, 1977, pp.212-213

L'**édifice** est en général un bâtiment ou un groupe de bâtiments avec ses espaces libres attenants formant un tout et régi par un programme principal. C'est le constituant de base de l'espace urbain. Dans le langage courant, ce mot est réservé en général aux **bâtiments importants, comme les palais et ou les temples**.

" L'**artefact urbain** " est défini par Aldo Rossi dans son œuvre " *L'architettura della città* ". Il se caractérise par l'individualité et la singularité à travers la mémoire collective (analogie) dans un contexte construit particulier. Il peut être un bâtiment, une rue ou aussi un quartier avec une notion de " **locus** ". Pour Aldo Rossi, **la ville est un objet artificiel³, elle est produite par l'homme et caractérisée par ses artefacts**. Ainsi, cette notion d'artefact s'applique à la question de classification, de typologie de bâtiments et de liens avec la ville.

Bill Hillier a aussi décrit les caractéristiques de l'*artefact* dans son modèle anthropologique de la ville. L'*artefact* se définit par sa fonction précise et par son aspect qui le lie à l'identité culturelle et qui lui donne un sens. Hillier affirme que **les bâtiments sont devenus les artefacts les plus omniprésents**.⁴ Nous pouvons alors avancer que **l'artefact contient une valeur d'histoire et de culture et il interagit avec les autres en formant ainsi un système complexe**. Et ceci, bien que les artefacts jouent un rôle important dans la ville, au-delà de l'analyse du contexte historique ou culturel. **Cherchons à comprendre et à expliquer l'aspect dynamique et interactif des entités construites**.

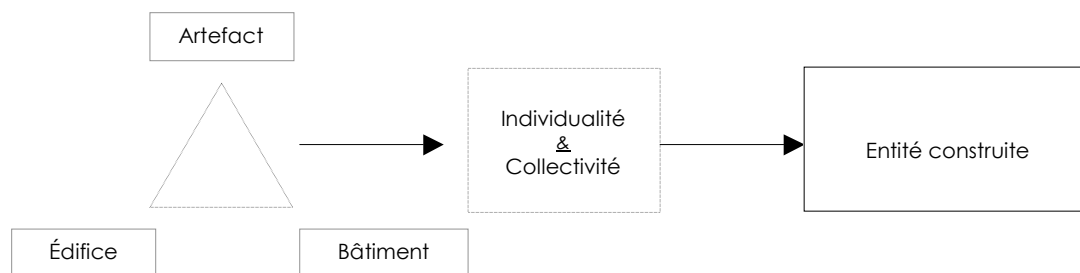


Fig.4.3.1.3 : le schématisation d'entité construite, l'entité construite ne signifie pas simplement l'aspect individuel selon la production de soi mais aussi l'aspect collectif selon le lien historique, social et culturel en incluant le caractère de bâtiment, d'édifice et d'artefact.

L'édifice et l'artefact sont généralement des bâtiments importants dans un contexte particulier. Ils sont capables d'organiser un groupe ou un ensemble de bâtiments car ils sont " **attracteur** ". Ajoutons à cela l'aspect collectif de ces bâtiments singuliers.

Les entités construites ont un aspect singulier et une dynamique à valeur collective, le Soi rétrospectif et l'interaction. **Elles donnent naissance et organisent les milieux urbains.**

³ I will now take up the hypothesis of the city as a man-made object, as a work of architecture or engineering that grows over time; this is one of the most substantial hypotheses from which to work. ROSSI Aldo, *The architecture of the city*, 1984, p.60

⁴ An artifact has a certain logic to it. 1. Functional objectives : works for a well-defined purpose 2. Style : one belonging to the realm of cultural identity or « meaning ». So the artifacts are both functional and meaningful. The buildings are the most omnipresent of artifacts, B. Hillier

An object made by a human being, typically an item of cultural or historical interest, extrait de Dictionary and thesaurus

3. Apparition des programmes et interaction⁵

La dynamique s'établit par l'apparition des programmes et l'interaction entre les entités construites. Ces dynamiques organisent la ville.

Il y a trois catégories de dynamiques d'entités construites ;

- *Attraction & Répulsion*
- *Voisinage*
- *Pouvoir symbolique*

Ces dynamiques ont été développées et raffinées dans notre rapport précédent, "Morphogenèse de la métropole". Reprenons la synthèse du rapport en y ajoutant le pouvoir symbolique et de nouveaux schémas géométriques.

attraction & répulsion

L'attraction (du latin *attrahere* : "tirer à soi") est la mesure de la force d'attraction d'un **service** (extrait de http://hypergeo.free.fr/article.php3?id_article=55).



Fig.4.3.1.4 : *attracteur* et *répulseur*

Voici quelques exemples illustrant ce principe :

- Pour la création d'une boutique, la présence de commodités est indispensable (parking, stations de transports en commun, etc.), ainsi que des éléments attirant un flux de chalands : enseignes-phares (à condition que ce ne soit pas un concurrent direct, bureau de poste, distributeur de billets, etc.)
- Pour un centre commercial, il est préférable d'être près d'une autoroute.
- Pour une gare de triage sont privilégiés les terrains plats.

L'influence négative (ou répulsion) est la mesure de la force de répulsion d'une **nuisance** (i.e. ligne de chemin de fer, zone industrielle, autoroute sans mur antibruit, aéroport, etc.).

voisinage

⁵ Cette partie, *apparition des programmes et interaction* était établie dans le rapport de Morphogenèse de la métropole par Dr. C.Plazenet.

Les objets de même fonction, ou de fonction semblables peuvent eux-mêmes être attirés les uns les autres. Quand un bâtiment se construit, d'autres de même fonction viennent s'installer dans le voisinage. Un peu comme lorsque vous êtes seul à la plage, et que le prochain qui arrive se met inmanquablement près de vous...

C'est notamment une loi assez connue pour la recherche optimale du meilleur emplacement des commerces, pour lequel il est recommandé de :

- *Ne pas être isolé : présence proportionnée de concurrents (ni trop, ni trop peu).*
- *Ne pas être en rupture par rapport aux types d'offres commerciales environnantes, soit éviter de créer un magasin de vêtements ou de nouveautés dans une rue très marquée par les métiers de bouche tels que : primeurs, boucheries, charcuteries, poissonneries, ...*

C'est ainsi que souvent en centre ville, on trouve le quartier des merceries, le quartier des antiquaires, etc. C'est également le cas pour les zones pavillonnaires. Les villas se regroupent les unes à côté des autres.

Nous verrons que la dynamique de voisinage s'explique autrement dans le chapitre du groupe d'invariant par " la complétude, l'extension, la densification et la dissociation" basées sur la croissance symétrique.

pouvoir symbolique

Tout objet du territoire : un programme architectural, un sommet, un centre urbain, un lac, etc. peut avoir une influence importante sur son environnement selon sa localisation et sa fonction. Nous appellerons **pouvoir symbolique**, l'influence qu'exerce un objet sur son environnement, qu'elle soit programmatique, esthétique, etc...

Parmi les entités construites, nous pouvons considérer de manière générale les monuments historiques qui ont un fort pouvoir symbolique, qui évoluent lentement dans le temps.

Ainsi certains objets peuvent n'avoir aucune influence pendant de nombreuses années avant d' "apparaître" comme des éléments attracteurs. C'est ce que nous appellerons le phénomène d'**apparition**.

Par exemple, dans l'histoire de la ville de Zermatt, les bâtiments se sont initialement formés le long de la rivière. Plus tard, le Cervin est apparu comme un objet important symboliquement. Les habitations ont alors commencé à être construites face au Cervin de manière à bénéficier de la vue, ainsi que de l'exposition au Sud. C'est une réorganisation radicale des entités par un nouveau symbole.

Encore aujourd'hui, le pouvoir symbolique a une force considérable. Sa valeur peut également être susceptible d'évoluer dans le temps en fonction des modes et des cultures. Ainsi, le campus de l'EPFL a un fort pouvoir programmatique et symbolique dans les régions alentours et influe fortement sur la croissance et l'organisation urbaine actuelle.

Nous résumons ici trois aspects de la dynamique de pouvoir symbolique tels que l'apparition du pouvoir symbolique, la croissance d'entités et l'emplacements dynamique d'entités.

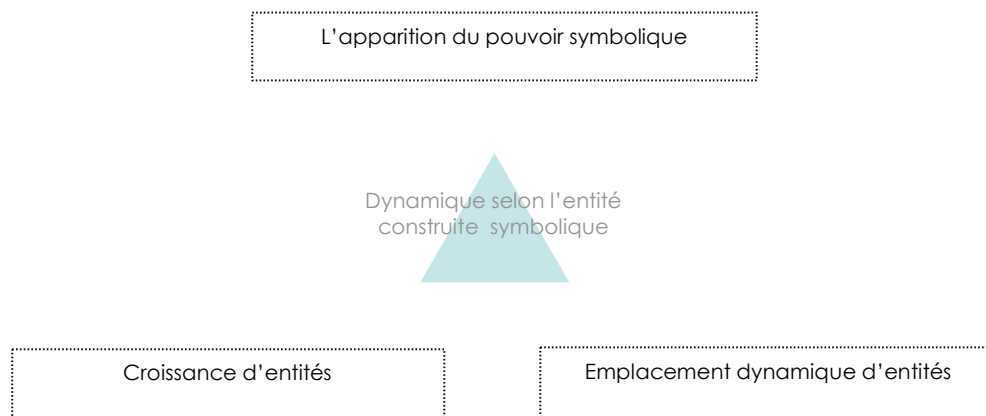


Fig.4.3.1.5 : trois aspects de dynamique selon le pouvoir symbolique

Dynamique de l'entité construite en tant que symbole, et " perpendicularité, \perp "

Nous observons que le symbole a le pouvoir d'organiser spatialement les autres programmes d'une manière radicale. Nous allons illustrer ce fait à travers trois études de cas. Les dynamiques se caractérisent par le lien entre le symbole et les autres entités. Ces formes d'organisation dynamiques décrivent bien la notion de perpendicularité et l'opération de symétrie.

Autour d'un point de convergence : Villes du Moyen-âge bâties sur le sommet d'une colline

La forme de la ville du Moyen-âge se base sur la protection et les métiers. On peut la représenter par un cercle avec un point focal tel un bâtiment principal, i.e. une église ou une cathédrale. Autour de ce bâtiment à fort pouvoir symbolique, s'organisent les autres bâtiments dans une manière compacte et organique.

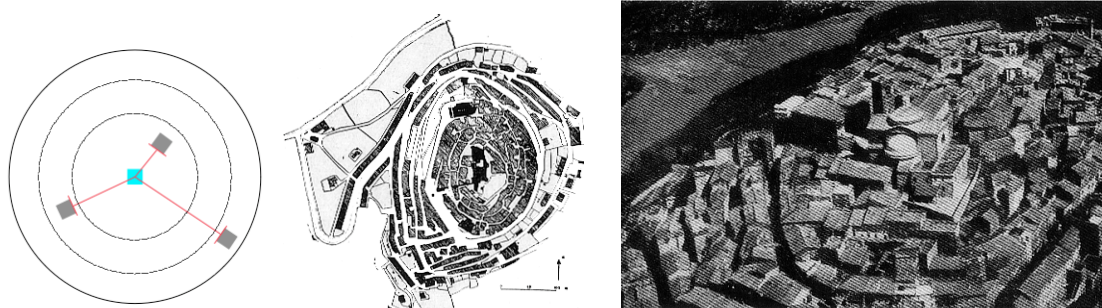


Fig.4.3.1.6 : schéma d'analyse par J-J Park, Palombara Sabina (Rome), Montecompatri, extrait sur MORINI Mario, *Atlante di storia dell'urbanistica*, p.141

Le bâtiment symbolique devient le point de convergence et les autres entités cherchent le meilleur emplacement pour bénéficier d'un lien visuel direct. Une logique d'emplacement des bâtiments se fait autour de l'église. Il s'agit de la notion de perpendicularité. En réalité, cette perpendicularité se modifie légèrement en réponse à la morphologie du site ie. la pente, le contour etc. Le bâti s'accroît par rotation symétrique dans une certaine limite.

Sur les axes, modèle de ville Baroque

Kevin Lynch présente le modèle de la ville Baroque avec certains principes. Certains points dominants sont naturellement définis, d'où sont localisés aux alentours les éléments symboliques structurants. Ensuite, ils se connectent à ces points focaux des rues, assez larges pour supporter le trafic, et créent des liens visuels entre les points symboliques. La ville s'organise sur les bords de ces rues, leur donnant unité, utilisant par exemple l'arborisation, et instaurant des règles d'aménagements : hauteur, alignement, façade, etc. Ensuite, des divers types de bâtiments peuvent venir occuper les rues moins contrôlées de l'intérieur des triangles.⁶

⁶ LYNCH Kevin. *Good city form*, 1984, p.281

En analysant le plan de Washington, D.C, dessiné par Pierre Charles l'Enfant en 1791, on voit que les bâtiments principaux dominant et apparaissent comme étant des nœuds de réseaux de rues radiales, étendues sur une grille rectangulaire irrégulièrement variée.

Les bâtiments symboliques engendrent des axes le long desquels les autres bâtiments se placent de manière perpendiculaire. Les bâtiments s'accroissent par translation symétrique entre les pouvoirs symboliques.

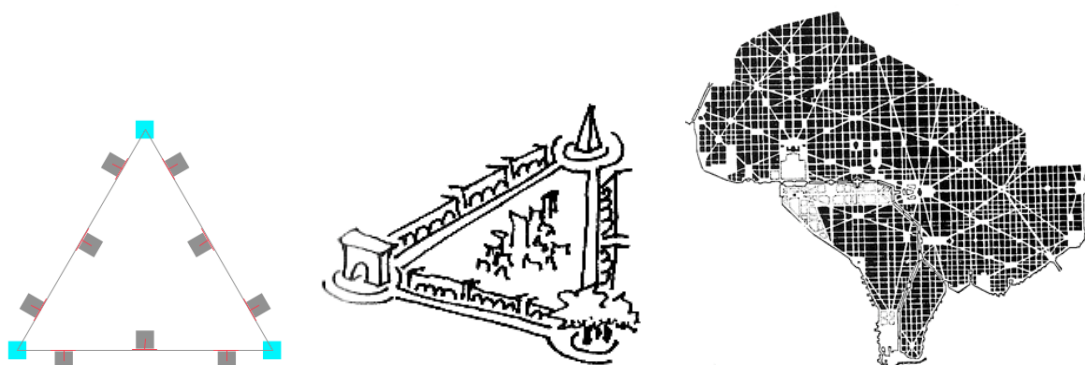


Fig.4.3.1.7 : schéma d'anlayse par J-J Park, le modèle Baroque schématisé et le plan de Washington, D.C, dessiné par Pierre Charles l'Enfant en 1791

Aux bords, la commune au bord du lac.

Nous percevons un lac en tant que symbole grâce à sa composition, sa valeur limite et aux différents types de bâtiments qui le bordent. La commune de St-Sulpice (Suisse) confirme la dynamique du pouvoir symbolique avec la notion de perpendicularité et de translation.

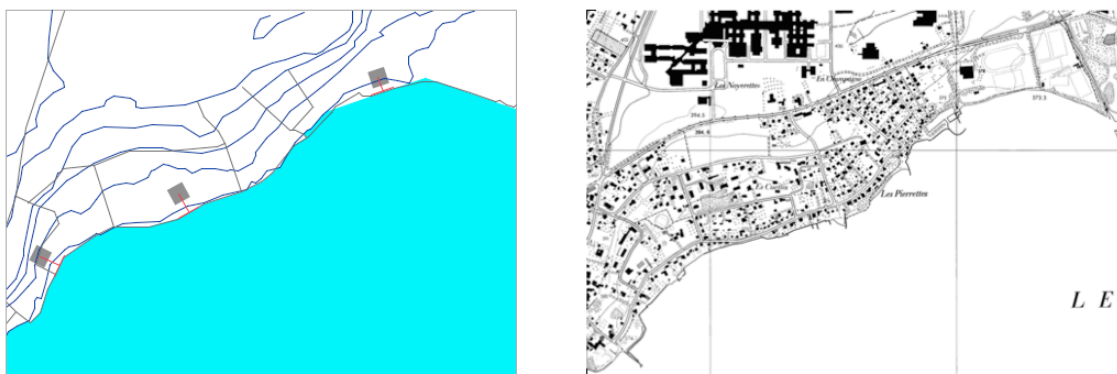


Fig.4.3.1.8 : schéma d'anlayse par J-J Park, la perpendicularité et la translation du logement au bord du lac

Les logements se sont propagés rapidement au bord du lac avec une règle simple : avoir un maximum de dégagement et la meilleure vue possible. Ainsi, chaque logement a formé un angle droit avec le bord du lac et s'est propagé de façon linéaire par translation.

Nous avons témoigné de l'effet de l'entité construite en tant que symbole dans les cas historiques. Ainsi, nous avons conceptuellement appliqué des opérations symétriques pour la dynamique des entités basées sur la perpendicularité (l'angle droit) dans ce chapitre. Mais, ce procédé n'est pas scientifiquement validé.

Perspective et discussion

La remise en question de la morphologie de la ville de nos jours nous permet de proposer la multi-échelle et le processus ascendant.

L'introduction des notions d'échelle et d'entité construite nous permet de ré-identifier les composants de la ville d'aujourd'hui et leurs interactions en utilisant le processus ascendant afin de décrire la nouvelle forme de la métropole.

L'échelle de l'entité construite est donc la première étape du processus vers les autres échelles - groupe d'invariant, système urbain et milieu continu. L'ensemble des entités construites peut donner naissance et caractère à un groupe ou à un système car il contient les composants nécessaires à leur programme qui dépasse celui du simple bâtiment et permet une productivité et une autonomie.

Le programme est la principale propriété et le moteur dynamique qui se manifeste par attraction et répulsion sur son voisinage ainsi que par son pouvoir symbolique. La ville s'organise et évolue autrement par ces programmes.

Nous avons remarqué que l'apparition d'un pouvoir symbolique engendre d'autres programmes. L'organisation dynamique se caractérise par le lien entre le symbole et les autres entités construites et interagit par *perpendicularité*. Ces entités s'accroissent soit par rotation, translation symétrique autour d'un point, ou le long des axes menant à un pouvoir symbolique, ou à ses abords. Ceci devient une des lois urbaines simple, moteur de simulation urbaine.

" Mais, enfin, les parties se dissolvent dans le tout."⁷

Le tout s'enrichit non seulement de la somme des entités singulières mais aussi de l'interaction et de l'influence dissoute des unes sur les autres. La matière n'est pas l'essence ultime de cet univers, elle est un aspect, qui prend conscience avec l'organisation. Les entités construites ne sont pas que leur propre matière. Elles prennent de la valeur par leur organisation, par interaction à travers les différentes échelles.

⁷ JACOB François, *ibid.*, 1970, p.130

4.3.2 Echelle de “ Groupe d’invariant ”

En observant la ville, nous supposons que des structures régulières et symétriques apparaissent. Elles reflètent une organisation spatiale basée sur des groupes d'entités construites : les groupes d'habitat et d'activité, groupes qui se reproduisent et se transforment. Ceux-ci peuvent être représentés par de simples figures élémentaires. Ainsi, des formes d'organisations, des systèmes urbains de la ville pourront être observés et étudiés. Ces formes découlent de la transformation et de la croissance des groupes et de leurs interactions avec les autres programmes.

Des régularités de croissance expliquant la dynamique de la ville à partir d'un groupe d'invariant pourront être élaborées.



Fig.4.3.2.1 : groupes d'habitat organisé en "zigzag" et en cercle, extrait de <http://www.alexmaclean.com/>

1. Définition de “ groupe ” et d’ “ invariant ”

La métropole d'aujourd'hui semble à premier abord être un univers chaotique. En réalité, on peut toutefois y remarquer la présence de structures régulières et répétées : les lieux d'habitation et d'activités qui reflètent une organisation spatiale basée sur des regroupements géométriques. Ils sont ainsi un nouvel élément de composition de notre modèle du 2ème niveau d'échelle. Dans cette analyse, nous allons nous concentrer sur le groupe d'habitat.⁸

Un groupe est un “ ensemble de personnes ou de choses ayant des caractéristiques communes ”⁹. Nous interprétons la notion de groupe comme un phénomène qui a toujours été, ayant traversé l'histoire de l'être vivant. Dès les premières sociétés primitives, les êtres humains se rassemblent dans un abri afin de se protéger, produire et partager des choses de manière symbiotique.

⁸ « L'habitat est trait fondamental de l'être » (Heidegger, 1958). En fait, on pourrait dire que si l'habiter est un phénomène général, il y a autant de manières d'habiter que d'individus. Dans nos sociétés, c'est la conjonction entre un lieu et un individu singulier qui fonde l'habiter. Dans la société primitive il s'agit du lien entre le groupe et le lieu, SEGAUD Marion, *Anthropologie de l'espace*, Paris :Armand Colin, 2007, p.65

⁹ Extrait de site, www.cnrtl.fr

Considérons la ville comme un organisme vivant, constitué en majeure partie par des groupes d'habitats communs produisant un effet d'ensemble.

Le groupe peut être défini comme un **ensemble de bâtiments (entités construites) ayant certaines propriétés communes**. Dans notre modèle, le groupe se définit conceptuellement comme tel **à partir de trois composantes qui ont des propriétés communes : le programme, la proximité et la forme géométrique**. Deux composantes forment un couple et nécessitent une troisième pour former un groupe. Ainsi en langage ensembliste, un groupe d'habitat (GH) ou, d'activité (GA) est défini par :

$$GH = \{Hn | n \geq 3\} \text{ ou } GA = \{An | n \geq 3\}, n \text{ étant le nombre de bâtiments du groupe.}$$

En observant le phénomène du groupe à l'état urbain, on repère facilement certaines formes régulières, et au moins cinq figures simples.

les figures d'espace géométriques élémentaires et l'aspect anthropologique

Nous proposons certaines figures géométriques simples conçues par l'homme telles que la ligne, le triangle, le carré et le cercle pour représenter l'organisation des différents espaces même si en réalité elles sont parfois difficilement perceptibles ou transformées en formes complexes. Ces figures d'organisation prennent forme en tant que groupes d'habitat et s'adaptent aux usages et à la société. Les Hommes à travers les générations, y intègrent aussi une valeur symbolique. Elles apparaissent et s'adaptent en fonction de leur valeur anthropologique ; la société, l'usage, le symbole.

Patrick Berger présente le caractère de figures d'espace basées sur l'aspect anthropologique ;

« Au-delà de la diversité des formes architecturales et urbaines que l'histoire des civilisations et les sociétés modernes ont produites, les formes d'espace qu'elles engendrent ont des caractères permanents et transculturels. Les formes de la ville ne peuvent résulter de la table rase ni de la pérennité des formes, mais d'une genèse à partir des figures anthropologiques de l'espace. »¹⁰

Des figures géométriques simples serviront dans cette étude à illustrer des *entités construites* à des époques, des lieux et des civilisations différentes ; chacune présentant des qualités permanentes remarquables comme ci-dessous ;

- **Le "—", une ligne droite** : individualité, répartition efficace, orientation

"La ligne droite est le plus court chemin pour aller d'un point à un autre". La ligne a cloisonné l'espace, isolant chacun de la collectivité par un alignement de cellules (a). Elle s'est présentée souvent par l'élément *couloir* sous forme de rue-galerie (b). Elle devient un type de répartition efficace d'habitat collectif en minimisant l'espace de distribution. Elle peut aussi s'orienter selon le climat (e.g. vers le soleil) (c).

¹⁰ Figure, <http://www.patrickberger.fr/notes/figure.html>



Fig.4.3.2.2 : a : Yokuts Tule Lodges, Amérique de sud b : habitats en Mongolie c : îlots d'appartements à Séoul

- **Le " Δ ", un triangle :** *diagonal, communication, vue, symbole et axe*

"**Trois points et trois côtés**", le triangle composé de 3 éléments d'usages (d), ou monumentaux (f) fonctionnant comme des points de repère reliés entre eux. Il peut également prendre forme de voisinage cherchant à tirer le meilleur parti possible d'un élément remarquable de l'environnement (e).

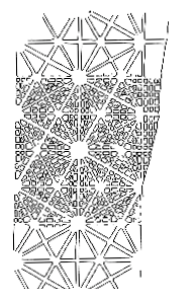
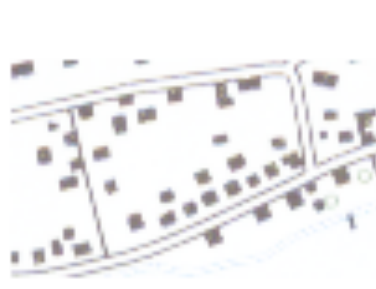
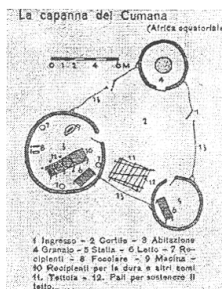


Fig.4.3.2.3 : d : la capanna del Cumana, Afrique e : St-Sulpice, Suisse f : Projet de Woodward, Detroit, Etats-Unis

La Figure **d** illustre l'habitation d'une petite famille constituée par trois cabanes s'ouvrant sur une cour délimitée par trois solides palissades. La forme triangulaire est obtenue en reliant les trois cabanes ; servant respectivement d'habitation, de grenier et d'étable. *St-Sulpice* qui se trouve au bord du lac Léman, présente des groupes d'habitat en zigzag. Cette configuration triangulaire permet de réduire le problème de vis-à-vis et de maximiser la vue du lac. Dans le cas du projet de *Woodland* à *Detroit*, le triangle s'applique selon le principe baroque de mise en valeur de point de repères et d'axes intégrant le pouvoir symbolique à l'échelle de la ville.

- **Le " \square ", un carré :** *intérieur/extérieur, rationalité, flexibilité*

"**La sédentarisation progressive et la rationalisation de l'espace par l'angle droit**" se retrouve dans les formes d'habitat. Ceci permet de réaliser un "monde intérieur" pratique et un "monde extérieur" social (h). Le carré permet, par exemple, l'intimité visuelle du monde intérieur particulièrement présente dans les cultures arabes et chinoises. Les habitats s'auto-organisent en "Y" ramifiés (i). A l'échelle de la ville, s'applique le parcellement du terrain et la récolte des taxes de manière rationnelle. Le carré se retrouve également souvent avec une configuration variée dans les colonies Sud-Américaines.

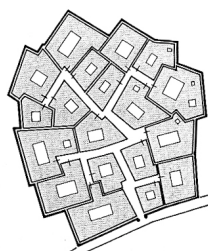
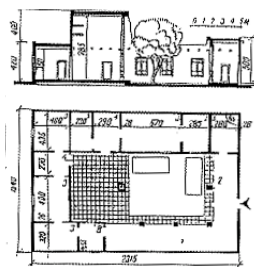


Fig.4.3.2.4 : h : maison, Ouzbékistan i : groupes d'habitat de Fez, Maroc

j : îlots de Guadalajara, Mexique

• **Le " O " , un cercle : univers, centralité, défense, contrôle**

" Le point central et l'équidistance " de son bord forme le cercle à l'image du cosmos. Les premiers abris des hommes prirent souvent la forme du cercle. Dans la société nomade mongole (k), la yourte, où toutes les fonctions se regroupent en cercle sous un même toit-permet un (dé)montage facile et efficace basé sur la modularité de l'élément constructif.

Les tribus amazoniennes (l) arrangent leurs maisons en cercle autour d'une zone commune. Le cercle était l'une des configurations premières qui a défini leur culture¹¹ basée sur l'hierarchie, la sécurité et la vie en communauté.

Puis le principe défensif en cercle a souvent été appliqué au Moyen-âge à une autre échelle. le projet de " Suncity : silver town " pour les personnes âgées qui présente une configuration en cercle dans le but d'obliger les visiteurs à passer au centre du cercle où sont regroupés les équipements collectifs, devenant ainsi un efficace lieu de contrôle collectif.

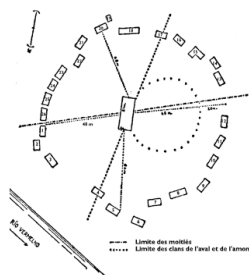
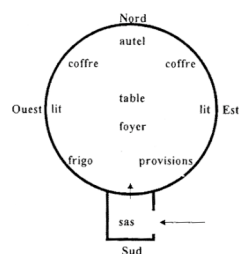


Fig.4.3.2.5 : k : la yourte en Mongolie

l : le village de Mukanza, Amazonie

m : Suncity, États-Unis

notion d'invariant

Nous allons parler de la notion d'invariant en considérant les formes élémentaires du groupe d'habitat. La caractéristique essentielle de la notion d'invariant est l'existence de propriétés

¹¹ So, for instance, the Trobriand islanders in a village typically arranged their houses in a circle around a common area. The chief's house at one point of circle, with storehouses on either side, created the axis of the village. The circle of houses typical in Trobriand society. The circle was one of the major patterns which defined their culture, ALEXANDER Christopher, *The nature of order*, vol2, 2002-2005, p. 343

permanentes. **L'invariant a des propriétés qui ne varient pas et qui résistent à la transformation. Il peut servir à rassembler plusieurs groupes ayant des caractéristiques communes.**

Nous observons que les groupes d'habitats peuvent se regrouper selon leur programme, leur proximité et leur forme géométrique dans cette recherche. Ces trois facteurs vont caractériser l'invariant. Les propriétés communes permettront d'établir le groupe et la description de la dynamique de l'invariant à l'échelle de ce groupe.

Un autre type d'invariant est introduit: *l'invariant morphologique*. Celui-ci est formé des figures géométriques élémentaires (ligne, triangle, carré et cercle), qui dérivent des formes d'organisation d'habitat que nous observons et décrit ci-dessus.

Résumons les deux types d'invariants de groupes d'habitat :

- **L'invariant caractéristique - propriété commune**
- **L'invariant morphologique - forme d'organisation élémentaire commune**

L'échelle du groupe d'invariant, qui est supérieure à celle de l'entité construite, s'établit en combinant les notions de *groupe* et d'*invariant*. Selon notre concept d'organisation proposé, la morphologie urbaine à l'autre échelle peut se composer de la ligne, du triangle, du carré et du cercle et aboutir à une forme nouvelle. La transformation dans le temps des figures formées par les groupes d'invariants morphologiques, ainsi que la dynamique des invariants dans le temps (t_{-1} , t_0 , t_+) permettent d'établir des principes de croissance à l'échelle de groupes d'habitat. (voir aussi pp.112-116)

La croissance du logement de masse pose la question de la *valeur* de l'espace public et introduit la notion d'appropriation de l'espace¹². Il ne suffit pas d'avoir une surface maximale pour qualifier un logement. Il s'agit de trouver la bonne mesure et la forme d'espace à partager fonctionnant à l'échelle du voisinage. La valeur de l'espace à l'échelle du groupe peut être réexaminée à travers la représentation du groupe d'invariant.

Nous supposons que dans la simulation urbaine, les notions de groupe et d'invariant prennent un rôle important à l'échelle du groupe. Ces notions serviront à l'abstraction des informations géographiques et à la détection de groupes (Ceci a été testé par l'algorithme proposé par Dr. C. Plazenet). Ceci permettra de visualiser la reproduction et la transformation de la géométrie du groupement des entités construites. Si l'on considère la régularité et la répétition de forme d'organisation élémentaire définissant chaque groupe, il devient possible de reconstruire la morphologie urbaine globale par l'opération de symétrie : réflexion, translation, rotation, homothétie etc. Nous n'avons pour l'instant que démontré une idée conceptuelle de la croissance basée ces opérations symétriques (pp.113-115) qu'il s'agit maintenant de tester scientifiquement.

¹² L'appropriation de l'espace désigne l'ensemble des pratiques qui confèrent à un espace limité, les qualités d'un lieu personnel ou collectif. Cet ensemble de pratiques permet d'identifier le lieu ; ce lieu permet d'engendrer des pratiques ...l'appropriation de l'espace repose sur une symbolisation de la vie sociale qui s'effectue à travers l'habitat. SEGAUD Marion, *ibid.*, 2007, p. 69

2. Détection et qualification des groupes d'habitat

critères et figures

L'observation de la forme d'habitats dans l'histoire de la ville nous a permis d'établir empiriquement 3 critères principaux de détection de groupes tels que le **programme**, la **proximité** et la similitude de **forme géométrique** comme étant des invariant caractéristiques de groupe.

Ces 3 critères dans le cas d'habitats de la région lémanique, pris en exemple, sont plus détaillés ci-dessous :

- *Programme*

Habitation faible densité (villas), moyenne densité (maison mitoyenne, logement moins 5 étages) et forte densité (logement collectif : "barre" ou "tour")

- *Proximité*

La distance "d" comme proximité entre deux maisons dans un groupe serait approximativement $20\text{ m} < d < 43\text{ m}$, si on considère des maisons standard en Suisse, 2-3 étages, 100 m^2 , $\text{COS} \approx 0.2$

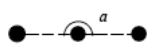
- *Forme géométrique*

Complexité 2D (ex. nombre de sommet ou de côte, approximativement entre 4,6,8)

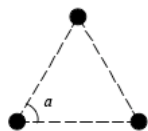
Volume 3D (hauteur et surface)

Voyons, par ordre d'importance les différents critères de sélection d'un groupe d'habitat : programme, proximité et forme géométrique. Contrairement, pour un repérer un groupe d'activité, le critère de proximité serait essentiel, et la forme géométrique peu importante.

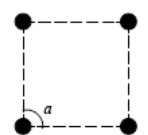
Suggérons que les formes des groupes elles-mêmes soient également des **figures permanentes** qui peuvent être réduites à une classification de géométries simples. Ces figures élémentaires d'organisation se réduisent au regroupement de trois ou quatre entités construites. La figure ci-dessous montre les trois figures de base composées en tant qu'organisation élémentaire :



ligne, 3 bâtiments, $120^\circ < a \leq 210^\circ$ (angle idéal = 180°)



triangle, 3 bâtiments, $30^\circ < a \leq 60^\circ$ (angle idéal = 60°)



carré, 4 bâtiments, $60^\circ < a \leq 90^\circ$ (angle idéal = 90°)

Fig.4.3.2.6: trois figures d'organisation élémentaires

Nous avons traduit ces figures d'organisation élémentaires de groupe “—, Δ , \square , et \circ ”¹³ en invariants morphologiques de groupe comme *formes d'organisation élémentaires communes*.

Étant donné que ces formes d'organisation simples, basées sur la notion de groupe et d'invariant, se répètent lors d'une transformation symétrique dans l'espace (principe de *dualité*), nous posons l'hypothèse qu'elles produisent également différentes formes globales correspondant aux villes d'aujourd'hui¹⁴.

détection des groupes : approche gestaltique et algorithmique

Deux approches pour la détection de groupe ont été expérimentées : **l'approche gestaltique** et **l'approche algorithmique**. Notre laboratoire a favorisé l'approche algorithmique pour des raisons de précision scientifique et de facilité de mise en œuvre.

La théorie de la *Gestalt* s'applique et celle-ci nous permet théoriquement d'introduire des critères de groupement et des principes de détection de groupes d'entités. Par contre, la complexité de la ville et le choix d'une approche scientifique nous poussent à introduire une nouvelle méthode de détection : l'approche algorithmique.

L'algorithmique permet d'organiser d'une façon efficace et rapide les données de base provenant du SIG (Système d'information Géographique). La Dr. Plazanet a ainsi développé une bibliothèque d'algorithmes Java pour la détection des groupes d'habitat. Cette détection a pu être introduite dans le moteur de simulation Agent, permettant l'intégration dynamique de l'agent Groupe.

Ce travail peut être utilisé aussi bien dans les domaines de l'urbanisme que dans ceux de la géographie car il permet la détection et la simplification de données complexes.

Détection et critères de groupement par l'approche gestaltique

La théorie de la *Gestalt* est née au début de ce siècle en Allemagne. Elle se base sur la perception et la sensibilité de l'œil humain, à sa capacité d'apparenter des objets entre eux selon cinq principes introduits par Regnaud en 1998¹⁵.

¹³ Ces formes d'organisation de groupe résultent d'un contenu anthropologique de l'espace et peuvent être importantes pour les qualités d'un lieu personnel et collectif, pour l'établissement d'une identité propre et aussi pour leur optimisation. Ces formes d'organisation résultent d'un aspect anthropologique de l'espace. Cet aspect invariant dans l'histoire de l'homme est primordial selon l'architecte pour s'assurer de la qualité d'un lieu personnel ou collectif, pour l'établissement d'une identité propre et pour leur propre optimisation.

¹⁴ « Chaque ville à travers son histoire s'est formée par combinaison de programmes successifs avec les caractéristiques de son site. Ces états naturels et ces états construits sont l'objet d'une commune morphogenèse. Leur entrelacement physique définit chaque milieu qui produit des formes qui l'identifient. Ces formes spécifient la morphologie des villes comme milieu naturel... », BERGER Patrick

¹⁵ Boffet, A.: *Méthode de création d'informations multi-niveaux pour la généralisation cartographique de l'urbain*. p.75

Les cinq principes énoncés sont : **la proximité, la similarité, la continuité, la symétrie et la fermeture**. Ces derniers permettent de créer des groupes et sont brièvement illustrés ci-dessous ;

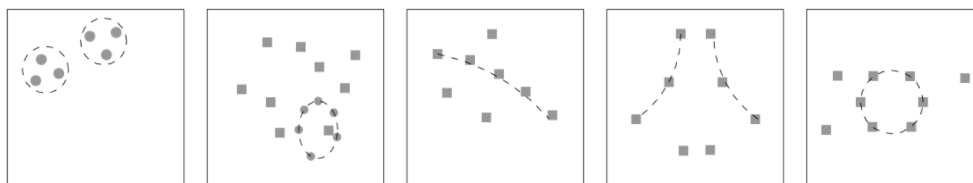


Fig.4.3.2.7 : Exemples de Gestalt (image extrait de Boffet A. *ibid*, p.76)

À l'échelle micro, l'œil est capable de détecter les groupes par ces principes, sans avoir besoin de reconnaître les différentes formes ou caractères des objets. **La continuité et la régularité sont facilement perceptibles par l'œil, définissant ainsi les groupes.**

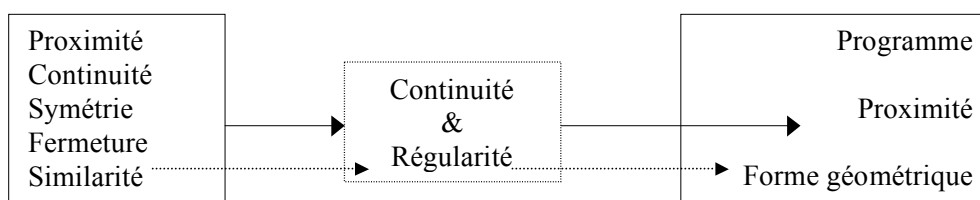
Le groupe ainsi apparu, est introduit dans la recherche un nouveau niveau d'organisation : le groupe d'habitat. Selon notre recherche, l'approche *gestaltique* de la détection du groupe d'habitat nécessite de rejoindre les trois critères : le programme, la proximité et la forme géométrique.

Le programme comme premier critère de détection peut être obtenu grâce au SIG. Ceci nous permet de regrouper des bâtiments à fonctions communes comme première étape. A l'échelle locale, le programme d'habitation se distingue par sa densité (faible 111), moyenne (112) ou forte (113).

Ensuite, pour la proximité, nous considérons deux critères : la distance régulière et la continuité des bâtiments. Le premier critère considère les bâtiments régulièrement espacés. Le second accorde une marge de tolérance à la distance entre les bâtiments, par exemple, la distance entre les maisons doit être comprise entre $20\text{ m} < d < 43\text{ m}$ pour qualifier un groupe.

La forme géométrique des bâtiments a moins de " poids " que les autres critères dans la détection des groupes. Un des principes de la *Gestalt* rejoint le critère de forme géométrique (notion de régularité). En fonction de la proportion entre surfaces, nombre de sommets et de faces d'une entité, nous les considérerons en groupe ou pas. Par exemple, entre deux bâtiments a et b, si $S(a) > S(b)$ et $S(b) / S(a) > 50\%$ et $N_s(a) > N_s(b)$ et $N_s(b) / N_s(a) > 50\%$, il y a un groupe. (S : surface, N_s : nombre de sommets)

Résumons l'approche gestaltique basée sur les 5 principes de la Gestalt et les 3 critères principaux de détection de groupes ci-dessous ;



Cinq principes de la Gestalt

3 critères principaux de détection de groupes

Fig.4.3.2.8 : l'approche gestaltique basée sur les 5 principes de Gestalt et les 3 critères principaux de groupe

L'expérimentation de groupement sur la commune d'Ecublens et de Saint-Sulpice à l'Ouest lausannois est basée sur les critères suivants :

- Similitude entre les entités construites
- Groupement visible d'habitats
- Répétition de géométries simples (ligne, carré, triangle et cercle)
- Caractéristiques morphologiques similaires

Nous observons différentes formes d'organisation des communes. Dans la zone au nord d'Ecublens, nous découvrons un habitat aligné. Au sud, nous remarquons plusieurs nappes en carré¹⁶ et des triangles répétés au sud de Saint-Sulpice. Supposons qu'à l'échelle locale, les ressources (le lac, la rue) et les contraintes (la vue vers lac et le pente) ont fortement influencé la formation de ces géométries distinctes.(voir fig. 4.3.2.9 p.107)

Après avoir expérimenté le groupement par approche gestaltique, il faut établir des règles basées sur la méthode scientifique pour aboutir à l'automatisation du processus, et ainsi intégrer des données informatiques et des résultats plus rationnels. L'algorithme est appliqué à la détection des groupes.



¹⁶ Pour l'espace entre quatre bâtiments, nous considérons qu'il y a six différentes interactions mais nous simplifions la manière de représentation en éliminant les interactions diagonales.

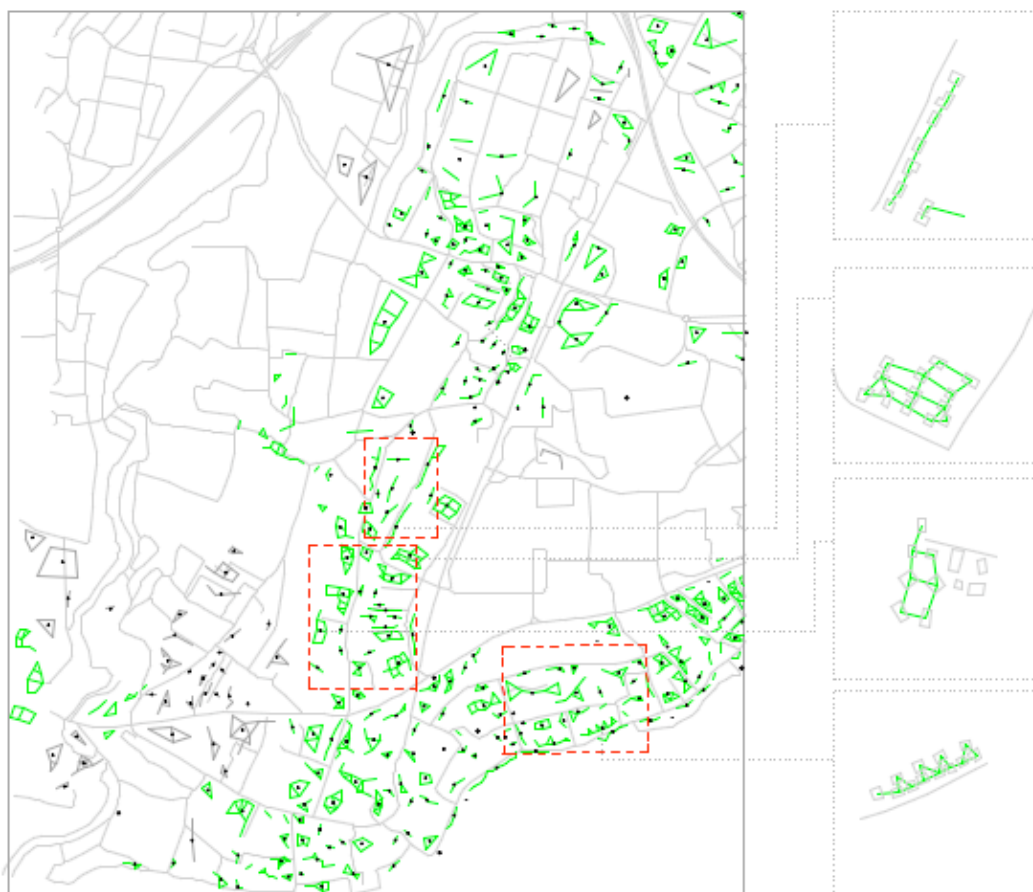


Fig.4.3.2.9 : Résultat de la détection des groupes d'habitat sur Ecublens et St-Sulpice par l'approche gestaltique, formes d'organisation représentées par géométries élémentaires à l'échelle du groupes

Détection des groupes par algorithme (extraits de la recherche effectuée par le Dr. Plazanet en coordination avec Vitor Silva et Jong-Jin Park)

Pour la phase de détection des groupes, nous avons ajouté au schéma conceptuel des données les classes de liens entre bâtiments, qui eux-mêmes permettent de déterminer la classe des groupes, puis des systèmes dans un deuxième temps. Le diagramme UML ci-dessous précise ces notions.

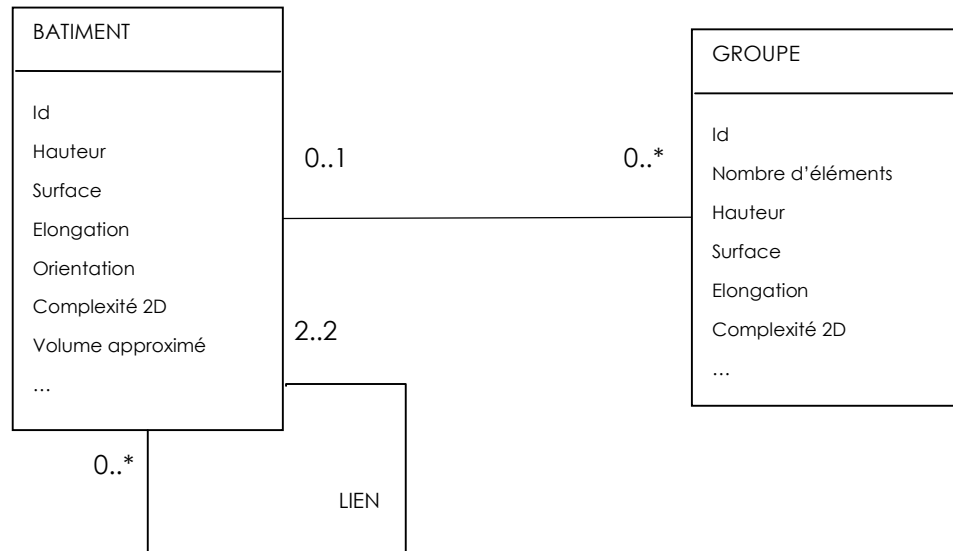


Fig.4.3.2.10 : Schéma UML concernant les groupes et les liens entre bâtiments.

La méthode de détection des groupes d'habitats que nous avons établie s'articule autour du regroupement selon des critères de programmation, de proximité et de forme des bâtiments. Elle comprend les 3 étapes suivantes :

01. Calcul des descripteurs de formes de chaque bâtiment

- a. Sélection des bâtiments d'habitat de même type programmatique : soit 111 (villa), 112 (habitat moyen densité) ou 113 (habitat forte densité)
- b. Filtrage de la géométrie de chaque bâtiment pour éliminer les détails dus à la numérisation (seuil = 1 mètre)
- c. Calcul des descripteurs de forme de chaque bâtiment (se reporter à la page 64-65, Morphogenèse de la métropole, pour plus de détails) :
 - complexité 2D: nombre de points formant le contour
 - surface
 - orientation
 - élongation : rapport longueur / largeur de l'enveloppe convexe
 - volume : surface x hauteur

02. Détection des liens de chaque bâtiment à ses voisins

- a. Calcul des centroïdes de chaque bâtiment à partir de sa géométrie
- b. Recherche des centroïdes de bâtiments voisins dans un buffer dont le diamètre est fonction de la hauteur du bâtiment et de la densité de la commune sur laquelle il est situé :
- c. Pour chacun des centroïdes trouvés dans le buffer, vérification de la similarité avec chaque bâtiment selon son descripteur de forme :
- d. Stockage des liens conservés dans la table des liens
- e. Suppression des liens traversant des routes importantes

03. Création des groupes en fonction des liens détectés

- a. Création des groupes en fonction des liens détectés
- b. Instanciation de la table des groupes
- c. Suppression des groupes dont au moins un des bâtiments le composant appartient déjà à un groupe
- d. Mise à jour du nombre d'élément de chaque groupe
- e. Calcul de la géométrie de chaque groupe. Nous avons choisi une géométrie ponctuelle correspondant au barycentre de l'ensemble des centroïdes des bâtiments composant chaque groupe, dans la mesure où le point nous suffit à repérer l'agent groupe et à le situer dans un système urbain à l'échelle meso.

04. Recherche des agencements spatiaux dans les groupes (qualification) en fonction des angles formés par les liens

- a. Calcul de la moyenne des angles formés par les liens composant chaque groupe
- b. Test de l'angle moyen pour déterminer l'agencement spatial du groupe : LIGNE, TRIANGLE ou CARRE

Résultat de la détection des groupes d'habitat par l'algorithme (**recherche par Dr. C. Plazanet**)

Nous avons testé la méthode de détection des groupes développée sur notre zone d'étude. Puis nous avons comparé les résultats obtenus avec les groupes extraits visuellement. Il en résulte des différences, principalement sur les liens obtenus.

Les figures ci-après présentent des extraits de résultats obtenus sur notre zone d'étude.

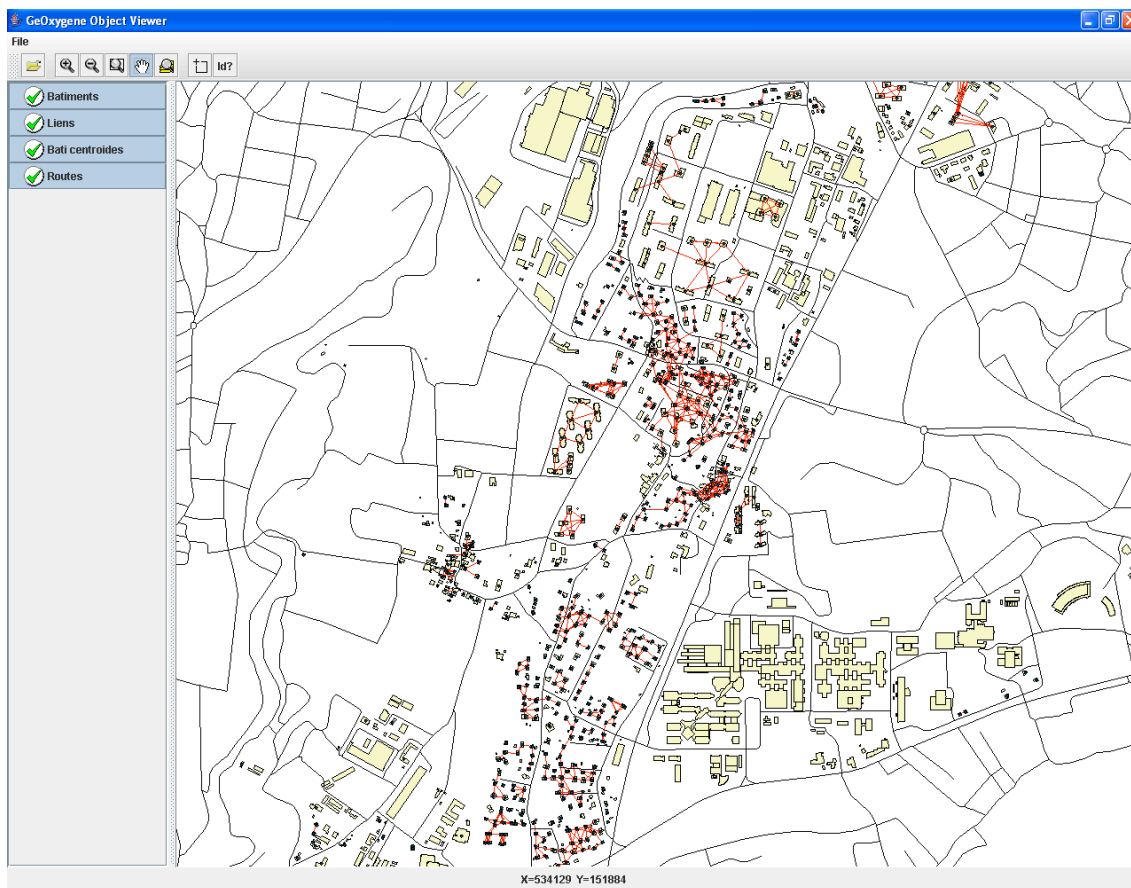


Fig.4.3.2.11 : Résultat de la détection des groupes d'habitat moyenne densité sur la zone d'étude

La figure ci-dessous montre différents groupes détectés sur la zone d'étude. Les résultats, bien que satisfaisants dans une première approche, présentent un certain nombre de points à améliorer :

- ✓ Dans l'extrait 1, on peut reconnaître un alignement de logements correctement détecté. Cependant, du fait que les liens sont retenus sur la base d'une similarité de forme des bâtiments 2 à 2, le résultat montre un groupe inhomogène du point de vue de la complexité 2D des formes. En effet, le bâtiment du haut de la figure a une complexité de 10 points, alors que les autres ont une valeur de complexité de 4 ou 6 points.
- ✓ L'extrait 2 montre un groupe de bâtiments de complexité homogène. Cependant il est difficile de dire a priori si leur agencement est de type triangle ou ligne.
- ✓ L'extrait 3 comporte des liens doublés du fait de la présence de bâtiments contigus. Il conviendra soit d'agréger ce type de bâtiments pour la phase de détection des liens, soit de les considérer comme un type de bâtiment de forme particulière. Ce point reste également à approfondir.
- ✓ Dans l'extrait 4 à droite de la figure, on peut reconnaître un agencement de type carré. Cependant on constate que certains liens (liens en diagonal surlignés en bleu dans la figure) ne sont pas pertinents, d'une part, ils faussent les calculs d'angularité dans les groupes et

d'autre part, ils perturbent la représentation de la ville à l'échelle meso. La solution, encore à définir, pourrait consister à supprimer les liens se croisant.

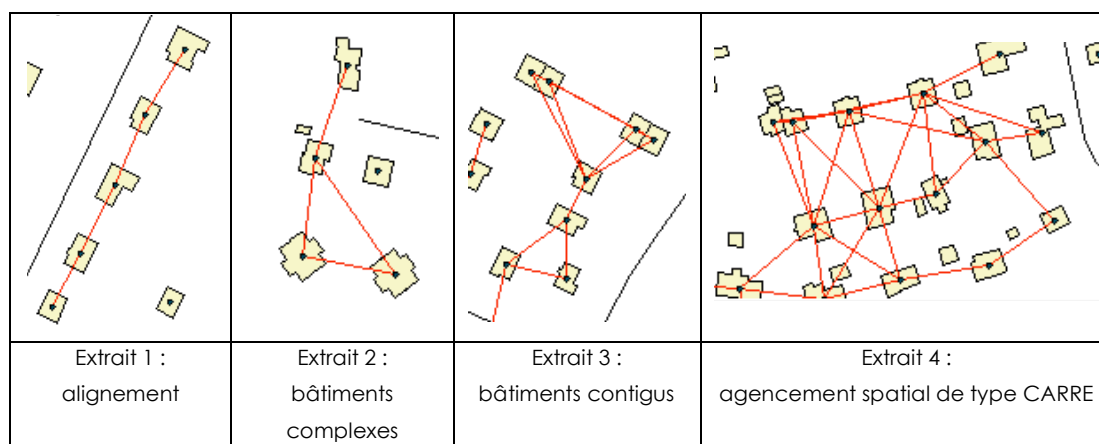


Fig.4.3.2.12 : Zoom sur le résultat de différents groupes détectés

Enfin la figure. 4.2.3.13 ci-dessous montre le résultat la nouvelle représentation de la ville à l'échelle locale, basée sur les groupes de logements liés aux équipements et aux espaces publics.

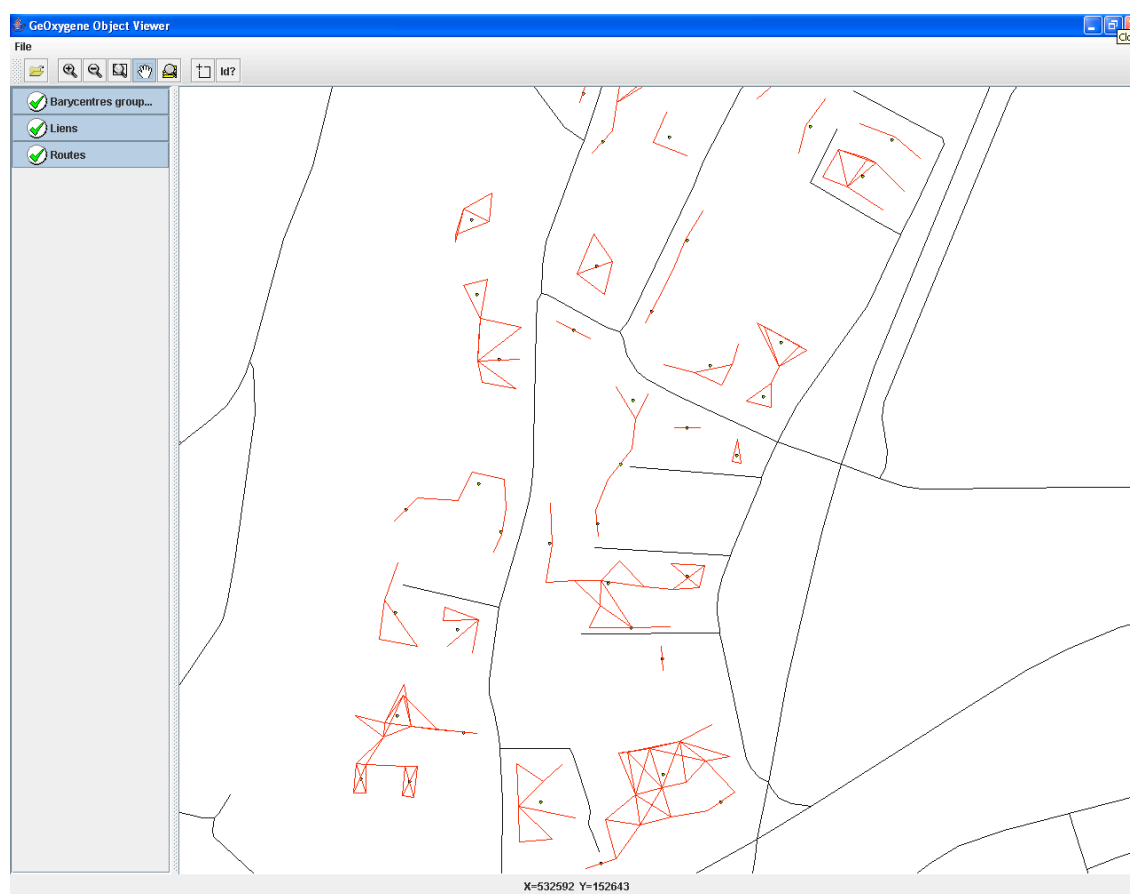


Fig.4.3.2.13 : Résultat de la représentation simplifiée des groupes d'habitat avec leur barycentre

3. Lois de croissance : complétude, extension, densification et dissociation

Les lois de croissance sont des régularités ou des principes conceptuels de transformation morphologique qui nous permettent d'expliquer, d'expérimenter des dynamiques urbaines et de prédire certains résultats de croissance en groupe selon les règles imposées. Cette désignation est aussi utile puisqu'on prépare la base de simulation automatique de la ville en transformation.

Méthode :

1. observation chronologique (1900-2000) des transformations d'habitat
2. sélection et reconstitution de transformations
3. classification selon régularités
4. désignation des lois de croissance

On compare d'abord deux cartes, la première datant de l'an 2000 la seconde de 1900. Puis on sélectionne des zones transformées. Enfin, on introduit les cartes intermédiaires et reconstitue les dynamiques. Une régularité morphologique apparaît dans le temps.

Les images ci-dessous proposent des exemples représentatifs de transformation dans les communes de l'Ouest Lausannois.

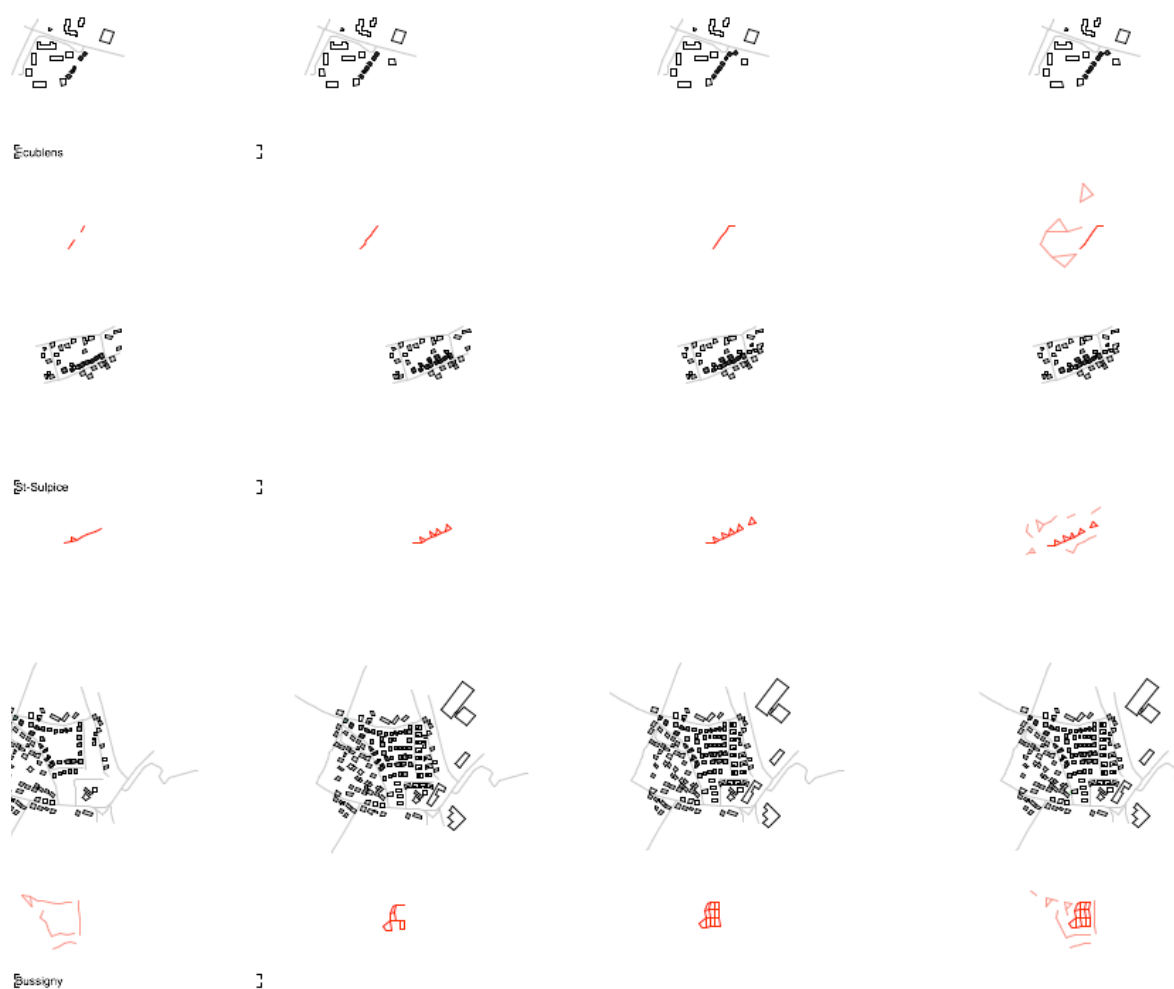


Fig.4.3.2.14 : transformation des groupes d'habitat


1. complétude des groupes d'habitat pour former les figures élémentaires de lignes, de carrés ou de triangles

2. *accroissement des groupes à leurs extrémités*
3. *remplissage d'un espace urbain délimité (ex : îlot de rue par exemple) par la complétude et/ou accroissement de groupe*
4. *décomposition d'un groupe selon présence d'un facteur externe ou d'une force interne du groupe*

Ainsi, l'observation de " l'ouest Lausannois " (qui est une zone remarquable par de son étalement urbain en évolution), nous a permis de déduire les quatre lois de croissance, qui sont basées sur les quatre actions, suivantes : (Nous observons en majeure la croissance d'extension)

- Complétude $O \text{---} O \text{---} O \text{---} X \text{---} O \text{---} O$

L'espace vide entre les entités se complète par une nouvelle entité construite. Un nouveau groupe est créé ou deux groupes se rejoignent.

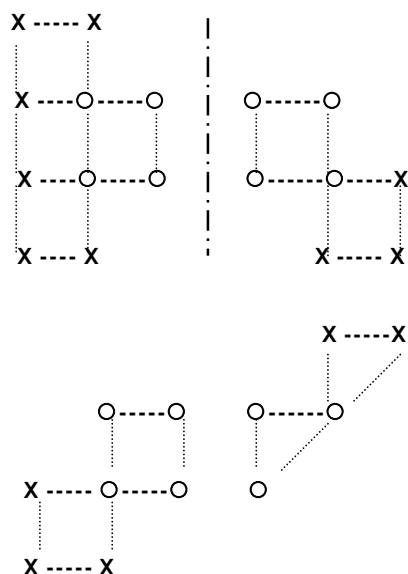
- Extension 

La taille d'un groupe existant accroît

- **Densification**
-
- The diagram shows a 4x4 grid of nodes (circles) connected by dashed lines. The central 2x2 area of nodes is marked with 'X', indicating they are the target for densification.

Un groupe voit sa densité augmenter, ses espaces vides intérieurs étant remplis.

- Dissociation



Un groupe se dissocie par l'apparition d'un perturbateur (comme une route) ou par l'apparition de nouvelles formes d'organisation liées à une croissance. Ce peut être lié à une recherche de taille critique permettant un meilleur fonctionnement.

Fig.4.3.2.15 : schématisation de quatre lois de croissance, o : bâtiments précédents, x : nouveaux bâtiments

4. Dynamique des groupes

Les groupes créent des opérations dynamiques en ajoutant ou supprimant une entité voisine. La transformation des groupes est perpétuelle dans le temps et l'espace. Les dynamiques ci-dessous se caractérisent par la reproduction d'entités basées sur des lois de symétrie et se représentent par l'apparition et la répétition de figures élémentaires. Théoriquement, les trois figures (la ligne, le triangle, et le carré) se transforment et " s'accotent " en se rattachant successivement aux entités ou groupes à proximité.

En conséquence, la localisation de nouvelles entités peut être influencée par l'évolution dynamique du groupe régit par les lois de croissance basées sur la transformation symétrique.

Nous illustrons ces dynamiques de base de groupes ci-dessous ;

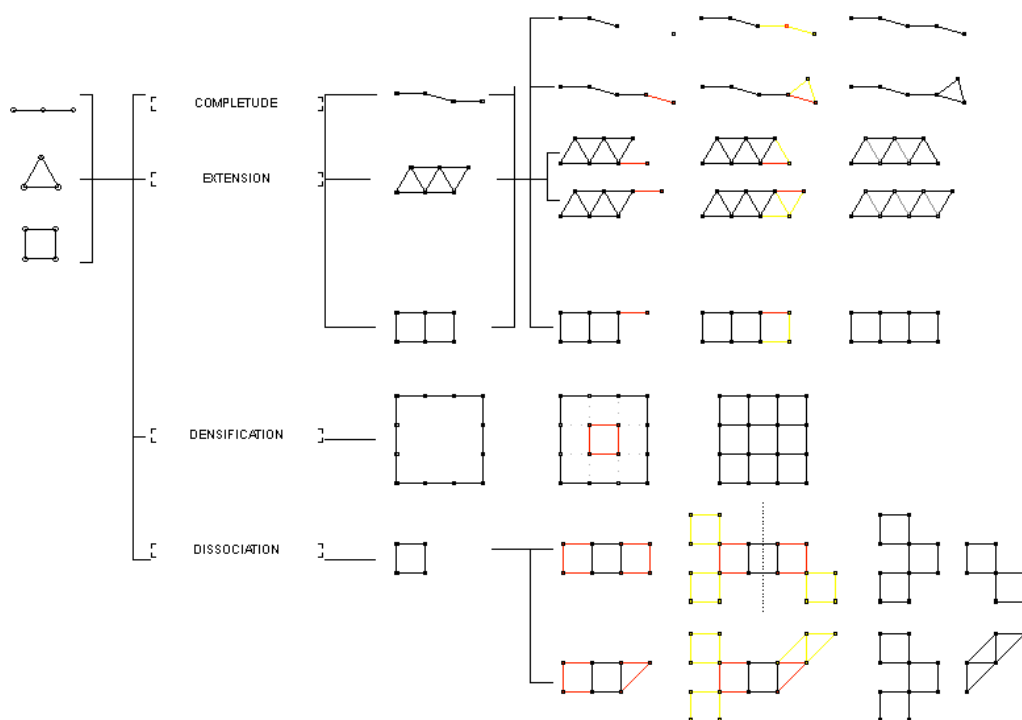


Fig.4.3.2.16 : reproduction et transformation de simple figures élémentaires

La forme d'organisation des groupes se complexifie avec le temps. Par exemple, le cas de l'extension basée sur le triangle régulier ci-dessus se compose de deux opérations (translation + inversion) symétriques faisant partie du processus de croissance de groupe. En conséquence, nous pourrions ainsi simuler la transformation urbaine à l'échelle du groupe en identifiant les différentes croissances morphologiques du milieu urbain et en appliquant des opérations de symétrie. On peut aussi constater que les transformations répétitives appliquant des lois de symétrie telle la formation de " wallpaper " groupes basé sur le motif et le *pattern*¹⁷.

¹⁷ Les opérations de symétries s'appliquent au motif de base ainsi créant un *pattern*. En particulier, la continuité (pas d'interstice) et la répétition (de formes identiques) sont deux propriétés essentielles du motif.

Une observation importante découle de cette analyse selon les 4 lois proposées : les groupes se recomposent toujours en cherchant une distance régulière de manière à obtenir un équilibre qui résulte de la densité de leur environnement. Il s'agit de la notion d' "**équidistance**". Cette notion s'appliquera plus tard dans la simulation urbaine optimale. L'équidistance est ainsi une propriété déterminante du groupe dans la nature et dans la morphologie de la ville.

Il est nécessaire de rajouter trois facteurs d'environnement externe influençant directement les dynamiques de groupes. Il s'agit des facteurs suivants : "**ressource, limite et proximité**". L'influence du contexte réel de l'environnement est en effet non négligeable et agit sur le groupe de façon indifférente à la croissance interne de l'entité même.

- *Ressource* : les éléments symboliques et les réseaux de distribution permettent d'améliorer ou d'engendrer la croissance de groupe, par exemple : une rue, un parc, un lac etc.
- *Limite* : les éléments qui délimitent ou empêchent la croissance, par exemple : une-autoroute, des chemin des fers, un lac, etc.
- *Proximité* : la distance permettant une continuité de croissance du groupe

En conclusion, la forme d'organisation dynamique de la ville s'élabore en se basant sur la notion de groupe d'invariant modifiés par quatre lois de croissance et trois facteurs environnementaux. Nous avons effectué la simulation de la croissance des groupes d'habitat s'auto-organisant à l'échelle locale (voir le rapport de la morphogenèse de la métropole p.130, développé par Vitor Silva). Le résultat démontre l'auto-organisation des nouvelles entités qui cherchent leur emplacement idéal en réagissant aux autres entités. Les entités se multiplient et forment naturellement des groupes comme l'on peut observer par l'exemple de Chavannes-près-Renens ci-dessous ;

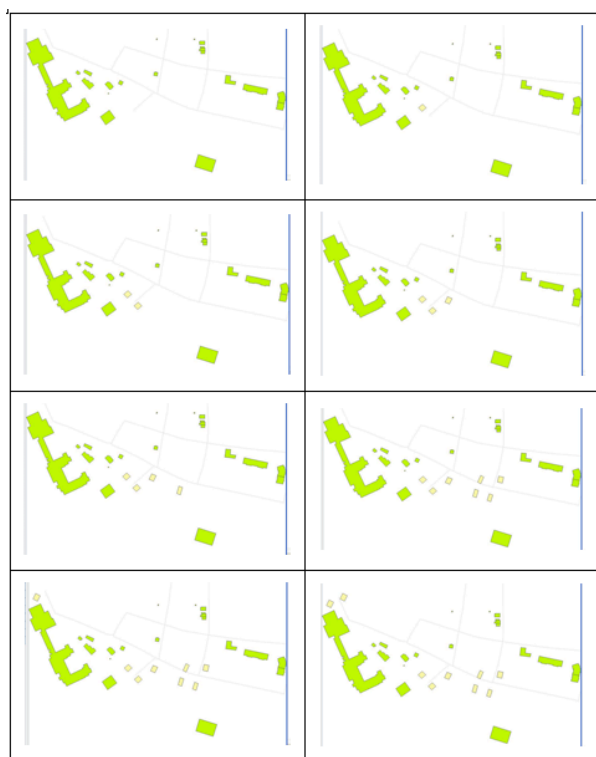


Fig.4.3.2.17 : simulation de croissance des habitats, image extraite du rapport de la morphogenèse de la métropole p.130

Perspective et discussion

Dans ce chapitre, nous avons proposé l'échelle de *groupe d'invariant* en décrivant ses caractéristiques et sa morphologie. La notion de groupe et d'invariant se représentent par des formes simples et géométriques telles que la ligne, le triangle, le carré et/ou le cercle : "—, Δ , \square , \bigcirc ". Ces formes s'apparentent aux codes génétiques de l'organisation spatiale. Elles se reproduisent, se transforment et s'organisent afin d'esquisser et de caractériser des milieux urbains. Nous constatons que la notion d'équidistance est intéressante pour justifier les lois de croissance basée sur les opérations symétrique ainsi qu'elle sera applicables également dans une échelle supérieure telle que l'échelle de Milieu continu de la morphogenèse.

La zone d'expérimentation choisie est relativement peu dense et homogène, cependant nous observons la présence d'une certaine dynamique de croissance. En établissant les lois de croissance et les dynamiques de bases, les critères de détection de groupes sont généralement représentés par le programme, la proximité et la forme géométrique. Ces indicateurs de détection doivent être réexaminés ou plutôt réinventés empiriquement en analysant les grandes métropoles dans le monde. Par exemple, si l'on considère les métropoles dans les pays d'Asie, la ville se développe dans un contexte beaucoup plus radical et atteignant ainsi une densité/mixité plus importante.

Cette étude s'intéresse en particulier à la transformation et à la dynamique d'organisation des groupes ainsi qu'à la qualification des diverses configurations des communes qui n'a jamais été approfondie. Il serait intéressant d'élaborer une représentation dynamique des espaces et de les quantifier de façon scientifique. Il serait par exemple intéressant de quantifier le degré de corrélation selon le nombre de triangles apparaissant ou la mesure d'efficacité globale en considérant les longueurs totales de groupe etc. C'est un champ à développer pour créer une banque de données et ainsi décrire la qualité de l'espace des villes.

4.3.3 Echelle de “ Système urbain ”

1. Définition du “ Système urbain ”

Supposons que les *groupes d'habitats* (comme les groupes d'activités), eux-mêmes rattachés à l'espace public et liés à des équipements collectifs commencent à établir un “ système urbain ” interactif et autonome. Celui-ci nous permet de reconstituer la structure d'une autre échelle de la ville afin que le système urbain puisse redéfinir les notions même de mixité et de centralité urbaines. Dans la société occidentale, le centre urbain (village, ville métropole) est souvent un bâtiment historique de pouvoir comme (église et l'hôtel de ville) mis en valeur par une place publique. Au fil du temps, ils s'associent à des équipements collectifs devenant ainsi pôle central dynamique de l'aire urbaine.

En conséquence, nous proposons un nouveau concept de dynamique urbaine. Le centre découle de la disposition successive d'équipements collectifs et se déplace. Le centre urbain évolue à chacun de ses ajouts, de cette mutation naît le “ **centre dynamique programmatique** ”.

Regardons un exemple de création d'un système de communauté Israélienne dans la montagne de Galilée. Christophe Alexander a illustré ces images pour expliquer le processus dynamique. Voyons le village tel qu'un système qui se compose de groupes d'habitats, d'espaces publics et de bâtiments collectifs. Il suit le processus d'auto-organisation et abouti à une forme globale de village qui correspond à la topologie du site et à la culture israélienne.

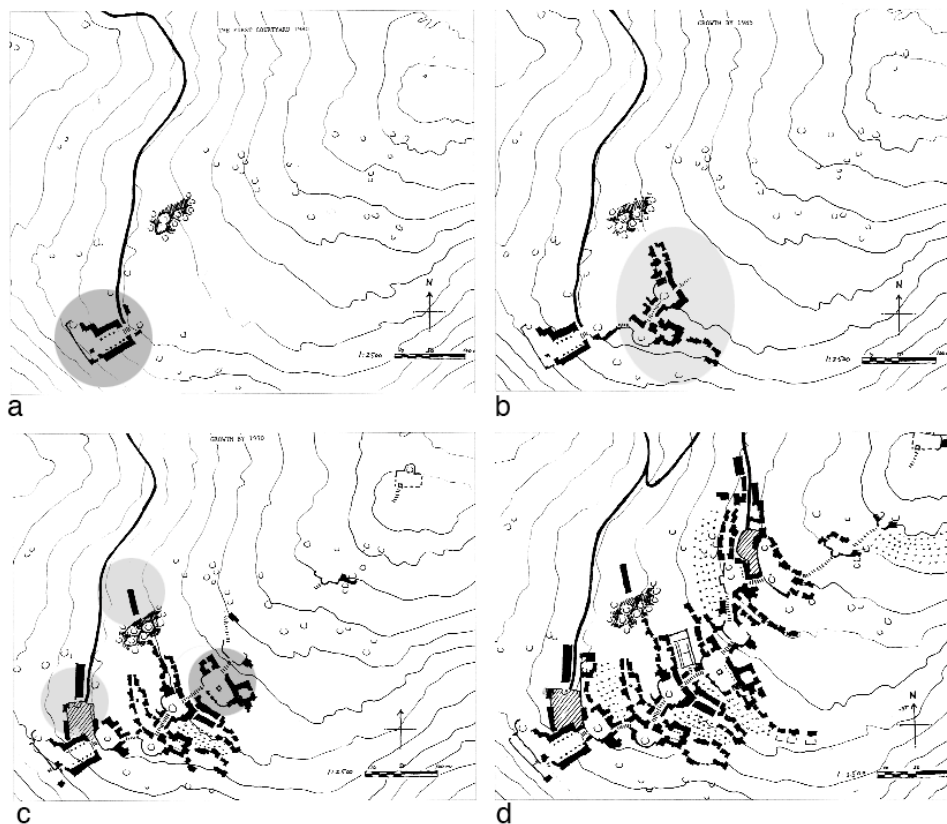


Fig.4.3.3.1 : système d'auto-organisation, Moshav Shorashim en croissance, limage extraite d'Alexander, *The nature of order*, vol 3, 2002-2005 p.349 et les taches grises ajoutées par J-J Park

- a : établissement d'une synagogue en bout de village
- b : croissance d'un premier groupe d'habitat
- c : addition de cours, d'escaliers, et de magasins avec les maisons
- d : établissement d'un système par ajout de groupes d'habitat et d'autres programmes collectifs

Cette étude révèle une autre morphologie de la ville : l'échelle du *système urbain*. Définissons d'abord le système urbain du point de vue de la morphogenèse :

- Système de l'ensemble des divers éléments interactifs
- Système évolutif
- Système du centre dynamique et mixte

La phase d'observation sur l'Ouest lausannois nous a également permis de mettre en évidence la nécessité d'établir la notion de " **système urbain** " qui amplifie et transforme la notion de **quartier**¹⁸, dès le moment où celui-ci acquiert une identité et une autonomie suffisamment forte pour disposer et mettre en interaction ses divers composants. Ce système a une influence forte sur son environnement naturel et construit.

Les groupes d'habitat (et d'activité), eux-mêmes rattachés à un espace public, et à des équipements collectifs proches, forment un nouvel élément du modèle que nous appelons système urbain.

Un système urbain (SU), pour s'appeler ainsi, comprend

- au moins un espace public (EP)
- au moins un équipement collectif (E19)
- et au moins un groupe d'habitat (GH)
- éventuellement, des groupes d'activité (GA)

Un système urbain (**SU**) peut être défini comme l'ensemble suivant :

$$SU = EP \cup E \cup GH \cup GA = \{ EP_{m/m \geq 1}, E_{n/p \geq 1}, GH_{p/p \geq 1}, GA_{p/p \geq 0} \},$$

n, m et p étant les nombres d'éléments des sous-ensembles respectifs²⁰

EP : sous-ensemble des espaces publics, i.e. lieu ouvert caractérisé par un flux important de personnes utilisant les services publics à disposition ou encore par une forte concentration d'équipements alentour qui donnent vie à des activités publiques et privées de voisinage. Ce peut être une rue, une place ou un parc.

E : sous-ensemble des équipements, i.e. des bâtiments à usage collectif qui permettent d'assurer les services publics : administration, éducation (école, université), santé (dispensaire, hôpital), commerce, travail (atelier, usine, bureau), culture (théâtre, cinéma), religion (lieu de culte), etc.

GH : sous-ensemble des groupes d'habitat

GA : sous-ensemble des groupes d'activité

¹⁸ Elle constitue un élément clef de repérage et d'identification des espaces urbains, au même titre que les monuments, les gares, les cinémas, les parcs, etc., autour desquels le quartier peut s'articuler, en même temps qu'y prennent corps les représentations symboliques dont se nourrit l'imaginaire de la ville, P.Merlin et F. Choay, *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, p.694. Il semble que l'évolution actuelle aille plutôt dans le sens d'une diversification et d'une restructuration du quartier selon le phénomène de croissance urbaine.

¹⁹ L'équipement, ici, ne signifie pas l'infrastructure mais plutôt les bâtiments collectifs

²⁰ Ces nombres d'éléments sont proposés comme quantité minimum nécessaire à la constitution d'un système urbain. Il faut étudier des nombres plus exacts.

un système urbain de la complexité

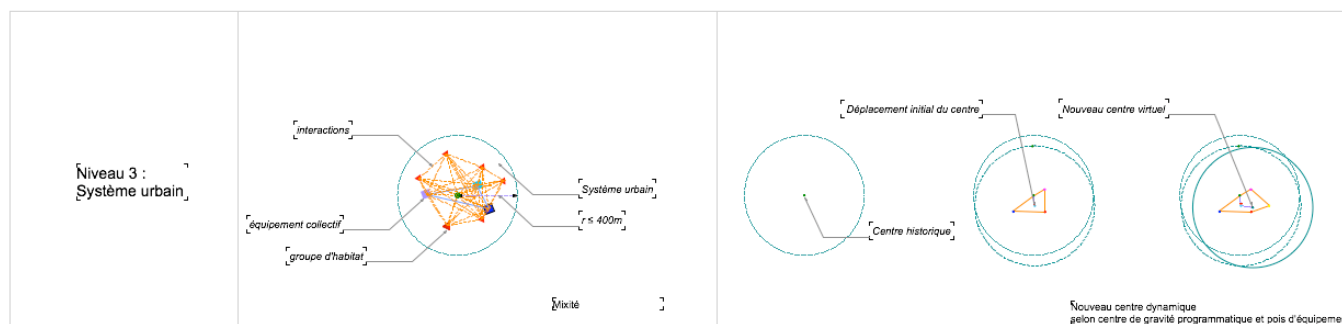


Fig.4.3.3.2 : système urbain, interaction des composants et le centre mouvant

Le système urbain est constitué d'éléments fondamentaux, tels que le groupe d'habitat ou d'activité, l'espace public et l'équipement collectif. Une structuration du centre s'organise autour des équipements collectifs et des groupes d'habitat dispersés dans un périmètre (image ci-dessus).

La proximité devient une mesure sensible du système urbain. Nous proposons ici un trajet maximum entre "chez soi" (groupe d'habitat) et le centre virtuel (ou un des équipements) dans un système urbain, de 800m³. Ainsi, les habitants sont en mesure de mener leur vie quotidienne dans le rayon d'interaction d'un système qui est au **maximum 400m**²¹. C'est une distance qui permet l'usage quotidien de "son quartier", généralement à pied, ou en vélo.

Tous les éléments compris dans cette aire s'influencent les uns les autres. En revanche, nous remarquons que la disposition des divers constituants du système exercent un impact sur le dynamisme du centre²².

²¹ Le *cluster neighborhood*, qui était établi par Perry et Stein aux Etats-Unis, est connu par 800 m de rayon maximum (distance à pied adaptée aux enfants). José Sert a redéfini l'unité comme ayant une distance maximale de 400m, établissant ainsi le nouveau standard de mesure pour la communauté. La densité d'unité est 2 à 3 fois plus élevés que celle de Perry et Stein. Nous appliquons la distance maximale de Sert, 400m rayon au trajet maximum, considérant aussi la densité élevée de la ville actuelle. (voir aussi l'annexe, le théorie se « *Neighborhood complexe* »)

²² Par exemple, mettons que 200 habitants s'installent dans un nouveau groupe d'habitat, ils auront nécessairement besoin aussi d'une nouvelle école et d'une salle de sport etc. Peut-être qu'il n'y a plus de terrains disponibles, à part une zone industrielle proche avec ses usines ne fonctionnant plus. Les nouveaux bâtiments et équipements peuvent ainsi se situer dans l'ancienne zone industrielle. Cette réhabilitation de la friche industrielle donnera alors une nouvelle dynamique au centre du quartier et celui-ci attirera beaucoup plus d'habitants et ainsi plus de programmes, etc.

2. Application de “ Centre de gravité programmatique ”

programmes et équipements

Considérons un nouveau concept de centre urbain : le *centre de gravité programmatique*, qui découle de l'agencement de programmes complexes. Pour déterminer ce centre de gravité il faut opérer plusieurs opérations :

- *Détection des programmes potentiels.*
- *Géométrisation du lien entre ces programmes.*
- *Repérage du centre de gravité par géométrie donnée.*
- *Réévaluation du centre selon les poids (la valeur symbolique) des programmes*
- *Établissement du système urbain dans un rayon de 400m depuis ce centre de gravité.*

L'addition, la suppression ou le changement de valeur symbolique des programmes potentiels (selon le besoin et la transformation de la société) modifie et redéfinit indéfiniment sa centralité. La ville voit sa morphologie programmatique à l'échelle de son système urbain en perpétuel mutation, du moins potentiellement.

L'équipement représente l'ensemble des installations, des réseaux, des bâtiments qui permettent d'assurer aux populations et aux entreprises résidentes les services collectifs dont elles ont besoin. Etendons la définition de l'équipement aux bâtiments collectifs. Ces équipements collectifs deviennent ainsi des éléments *structurants* du système urbain autour des autres éléments centraux de la ville.

Les programmes d'équipements peuvent être distingués par leur raison :

- *Administrative : hôtels de ville, maison de quartier, police, caserne de pompiers, prison*
- *Éducative : écoles (crèches, maternelles, primaires, collège et lycée), université, grandes écoles*
- *De santé : laboratoires d'analyse, cabinets médicaux, cliniques, hôpitaux*
- *Commerciale : boutiques, magasins, hypermarchés, centres commerciaux*
- *Culturelle et de loisirs : centres sociaux-culturels, salles de spectacle, cinémas, théâtres*
- *Sportive : parcours sportifs, salles de sport, piscines, terrains divers*
- *Religieuse : églises, mosquées, synagogues, temples*
- *Industrielle : usines, centrales, incinérateurs, centre de tri/recyclage*
- *De transports : gares, ports, aéroports*

Ces catégories sont arbitraires, flexibles. Prenons la notion de reproduction en biologie, le programme comme la finalité des organismes évolue à travers les générations dans des conditions environnementales particulières. L'évolution de programmes de la ville dynamise aussi l'état construit. L'hybridation et l'apparition de nouveaux programmes urbains sont aussi remarquables. –Cela résulte aussi de leur valeur variable dans le temps. Les programmes évoluent, ainsi que leur valeur respective et la ville se réorganise perpétuellement.

programmes et centre

Avec les évolutions de la société, la valeur de bâtiments comme l'église ou l'hôtel de ville a changé. Ils se sont associés aux autres équipements autour du centre historique. Le centre se déplace au gré des programmes mis en relation. Le centre urbain n'est plus un point absolu mais plutôt un vaste champ d'attraction : véritable transformation urbaine. Nous pouvons en déduire qu'une programmation stratégique du centre détermine son dynamisme et l'intensité de sa valeur collective, de son " magnétisme ".

Autour de l'idée d'organisation programmatique, nous voyons que certaines apparitions de centres en fonction des équipements permettent de comprendre la ville différemment. Trois modes d'apparition de nouveaux centres, dans la ville contemporaine sont avancés :

Le multi-centre associé aux autres programmes (coordination)

- **Multi-centre** (plus de 3 différents programmes) : hôtel de ville ou église, commerces, hôtels/restaurants; groupes scolaires ou parascolaires, les collèges – les équipements sportifs, équipements culturels ou de loisirs ; commerces, équipements sportifs – culture/loisir – sport/détente

Un grand équipement accompagne les autres centres (articulation)

- **Grand centre** (un programme majeur) : gare, port, aéroport, université, grandes écoles, centres commerciaux, hypermarché, salle de congrès, stades, hôpitaux, etc.

Des petits programmes privés et singuliers se répètent et organisent différemment la ville (spécialisation d'un quartier)

- **Répétition de programmes** singuliers : cybercafé / cybercafé / cybercafé

Par exemple, le multi-centre est basé sur les liens entre les programmes ci-dessous :

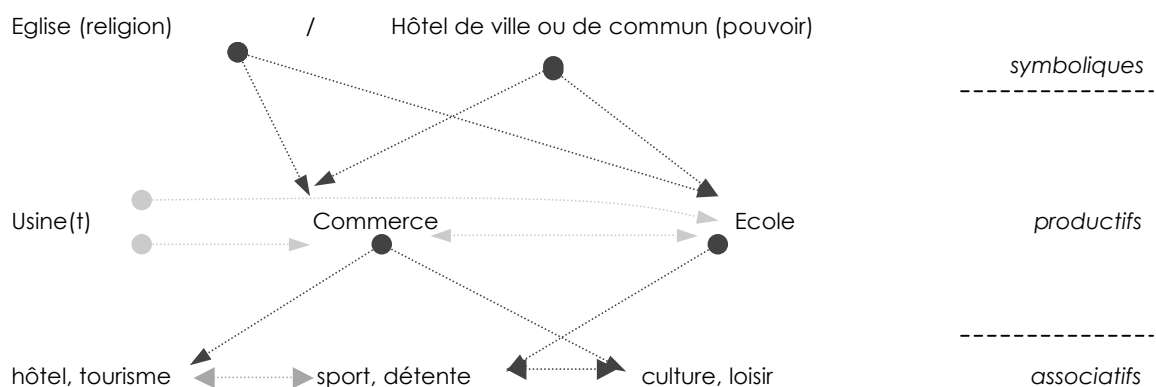


Fig.4.3.3.3 : L'interaction et les combinaisons probables par plusieurs programmes dans le multi-centre

phénomène de mutation des programmes dans le système urbain

Certains phénomènes particuliers peuvent faire évoluer la configuration du centre en bougeant :

- $E_{ai}, E_{ac}, E_{as} \rightarrow E_{ai+ac+as}$: des équipements monofonctionnels aux équipements multifonctionnelles
- $E \rightarrow EP$: l'espace public est remplacé par un grand équipement complexe comme un centre commercial, un cinéma multiplexe, etc.
- $E \rightarrow E$: délocalisation des équipements
- $E_{ai} \rightarrow E_{ac}, E_{as}$: E industriel se transforment en E commercial, E service ou E complexe.

Certaines mutations de programme basées sur l'inter ou la trans-action peuvent engendrer d'autres formes d'agencement du système complexe de la ville contemporaine.

programme d'équipements et activité urbaine

La forme d'organisation des équipements dans un système urbain est essentielle pour produire des activités urbaines complexes et pour caractériser le lieu urbain.

Programmes / Equipements \rightarrow Activités

Nous pouvons élaborer les différentes activités urbaines²³ telles que :

- Le logement (L)
- Les activités industrielles et artisanales (Production de biens matériels) (AI)
- Les activités commerciales (Distribution des biens matériels) (C)
- Les services (Production et distribution de biens non matériels) (AS)

Donc, nous considérons le logement et les 3 activités urbaines majeures – activités industrielles, commerciales et de services – comme correspondantes des équipements collectifs de la ville.

²³ Lécureuil, la programmation urbaine, 2001, p. 31

3. Programmes, activités et leurs valeurs

Nous pouvons élaborer également une liste de différentes valeurs basées sur le rapport programmes/ activités urbaines :

	Programme	Activités urbaines	Valeur	
			V_P	V_a
E	administratif	AS	4~6	3
	éducatif		6~9	
	sanitaire		3~9	
	culturel & de loisir		6~9	
	sportif		6~9	
	religieuse		1~3	
	de transport		6~9	
	commerciaux	AC	1~6	2
	Industriel	AI	-3~3	-1, 1
	d'agriculture	AA	-3~3	-1, 1

Table.4.3.3.4 : Indicateurs, V_P : valeur du programme V_a : valeur d'activité

Le système de notation proposé ainsi que les valeurs proposées (+3, +2, +1 et -1, le 0 étant exclu)²⁴ peut être discuté, mais ce qui est important est de rendre perceptible la flexibilité de la valeur associée à un programme en fonction du lieu et de l'époque.

Ces valeurs **de programmes**, jouent un rôle dans la redéfinition du centre urbain en associant des équipements à proximité d'un ~~du~~ centre historique. La centralité du quartier se complexifie et se visualise par un lien géométrique basé par l'attractivité des équipements centraux. Le centre n'est plus un point définitif mais bien un point mouvant dans un champ.

évaluation et application des "valeurs de programmes"

L'enjeu du centre dynamique basé sur la croissance et la diversité des programmes est apparu et la valeur collective des divers programmes d'équipements établie. Indiquons d'abord la valeur standard de chaque activité individuelle : AI= -1 ou 1, AC =2, AS=3. Ensuite, nous pouvons commencer à combiner ces activités afin qu'elles puissent rentrer en relation et ainsi varier. (indicateurs, AI en gris : activité industrielle négative, nuisance ; AC ou AS en rouge : transformation AI en AC ou AS)

Nombre	Combinaison d'activités	Valeur	Valeur (T : AI→AC, AS)
--------	-------------------------	--------	------------------------

²⁴ En général, la valeur d'activités est significativement distinguée par « +3, +2, +1, 0, -1 » de la valeur d'importance d'aujourd'hui. Ensuite, nous pouvons évaluer plus spécifiquement les valeurs de programmes, « -3 ~ 9 » selon certaines conditions des équipements. **On peut critiquer cette ambiguïté des valeurs proposées : les valeurs proposées ici sont arbitraires mais ce qui est important c'est l'évaluation de la valeur de programmes selon le lieu et le temps. Dans cette recherche, nous testons d'abord l'aspect dynamique selon ces valeurs.** Une nouvelle catégorisation des activités urbaines et l'estimation de leurs valeurs peuvent être un champ futur de la recherche en urbanisme.

1	AI	-1	
		1	
	AC	2	
	AS	3	
2	AI+AC	1	AC+AC ; 3
		3	AS+AC ;
	AI+AS	2	AS+AC ; 5
		4	AS+AS ; 4.5
	AI+AI	-3	AC+AI ; 1, 3
			AS+AI ; 2, 4
		1.5	AC+AC ; 3
			AC+AS ; 5
			AS+AS ; 4.5
	AC+AS	5	
	AC+AC	3	
	AS+AS	4.5	
3	AI+AC+AS	4	AC+AC+AS ; 6
		6	AS+AC+AS ; 6.5
	AI+AI+AI	(-3-2-1) ; -6	
		(1+1/2+1/3) ; 1.9	
	AI+AI+AC	-1	
		3.5	
	AI+AI+AS	0	AC+AI+AS ; 4, 6.5
			AS+AI+AS ; 3.5, 5.5
		4.5	AC+AC+AS ; 6
	AI+AC+AC		AS+AS+AS ; 6.5
		2	AC+AC+AC ; 3.3
	AI+AC+AS	4	AS+AC+AC ; 6
	AI+AS+AS	3.5	AC+AS+AS ; 6.5
		5.5	
	AC+AC+AC	(2+1+1/3) ; 3.3	
	AS+AS+AS	(3+3/2+3/3) ; 5.5	
	AC+AC+AS	6	
	AS+AS+AC	6.5	

Table. 4.3.3.5 : Valeur des activités urbaines collectives

En détail, dès que nous ajoutons les mêmes programmes, nous pouvons calculer les valeurs totales comme :

- $AI_1 + AI_2 + \dots + AI_n = -1 + -1 \times 2 + \dots + -1 \times n$ (ex. addition du programme industriel lourd comme répulseur)
- $AS_1 + AS_2 + \dots + AS_n = 3 + 3/2 + \dots + 3/n$ (ex. addition du programme commercial ou du service comme attracteur)

Prenons exemple : deux équipements tels qu'un atelier et une bibliothèque dans un quartier. Ça se traduit par **AI+AS**, les valeurs peuvent varier de 2(-1+3) à 4(1+3). Si l'atelier se transforme en commerce, les valeurs seront de 2 (**AC+AC** = 2+2/2) à 5 (**AC+AS** = 2+3).

Nous reprenons la liste de programmes élaborés dans le rapport, " la morphogenèse de la métropole pp.71-77 " et remplaçons la valeur actuelle des programmes avant de les appliquer au système urbain.

IDF	Nom	valeur	Pouvoir_Symbolique
111	Habitation faible densité (villas)		0
112	Habitation moyenne densité		0
113	Habitation forte densité		0
121	Ecole primaire	9	0
122	École secondaire : collège, gymnase	9	0
123	Université, Haute école	+9	3
124	Jardin d'enfants, crèches	6	0
131	Commerces de proximité (boutique)	1	0
132	Supermarché	6	0
133	Centre commercial	9, +9	0
141	Dispensaire de quartier, centre médical	6	0
142	Hôpital, clinique	3	0
143	CHU	+9	0
151	Batiment administratif	6	0
152	Lieux de culte	3	10
153	Cimetière	3	5
154	Musée	9	8
155	Bureau de poste	6	0
156	Banque	3	0
157	Bibliothèque	9	3
158	Salle polyvalente	9	0
159	Bâtiment de service public	9	0
161	Bâtiment de bureaux	1	0
162	Atelier d'artisanat	-1 ~ 3	0

163	Bâtiment industriel	-3 ~ 3	0
164	Ferme	1	0
181	Restaurant, cafeteria	6	0
182	Hôtels	3	0
183	Station service	3	0
191	Dépendance	1	0
192	Toilettes publiques	1	0
193	Bâtiments d'entretien	1	0
214	Parking	3	0
215	Gare	+9	0
216	Aéroport	+9	0
217	Arrêt de bus ou métro	6	0
311	Sommet	+9	8
321	Lac	+9	10
322	Rivière	+9	0
331	Forêt	+9	7
1711	Bâtiment sportif	9	0
1712	Terrain de sport	6	0
1713	Piscine	6	0
1714	Bowling, billard	6	0
1721	Théâtre	6	3
1722	Cinéma	9	0
1723	Centre culturel	9	0
1731	Jardin familial	3	0
1732	Parc urbain de quartier	9	0
1733	Grand parc urbain	+9	0
1734	Discothèque	6	0
1735	Refuge	1	0

Table. 4.3.3.6 : Valeur actuelle des programme d'équipements, les équipements en rouge : grand équipement

Un équipement éducatif tel qu'une crèche, une école primaire ou une école secondaire est évalué entre 6 et 9 (l'université comme grand équipement métropolitain peut avoir plus de valeur de 9 de par son aspect symbolique). Par contre, les équipements industriels tels que l'atelier d'artisanat et

l'usine peuvent être évalués entre -3 et 3 en rapport à la nuisance qu'ils engendrent ou à l'image du bien produit.

Le système se transforme dans le temps selon la croissance et la diversité programmatiques. Le point central se trouve dans une surface polygonale. Ce centre de gravité programmatique se compose de programmes et d'une valeur : l'église (3), la commune (6), le restaurant (3), l'administration (3), l'école (9).

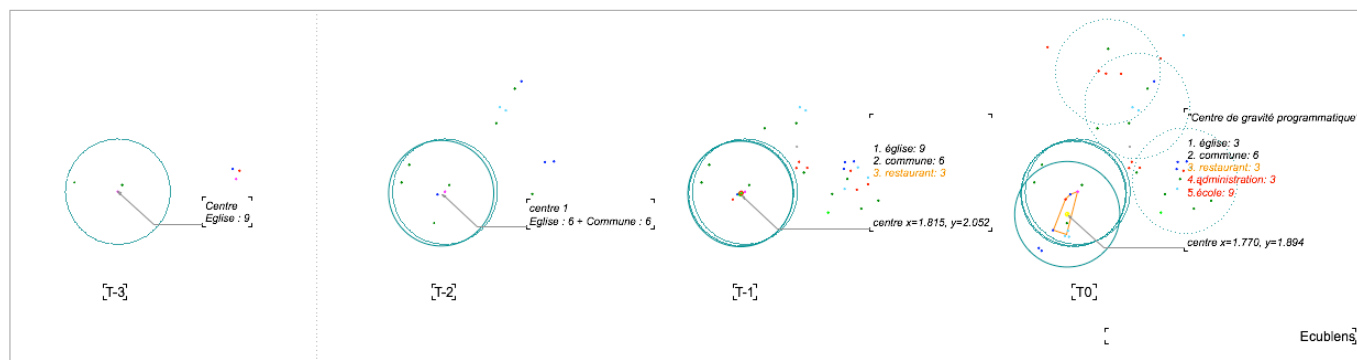


Fig.4.3.3.7 : Système urbain - Centre de gravité programmatique avec les valeurs

Dans le chapitre d'"Expérimentation", nous avons visualisé l'évolution des centres urbains constitués qui apparaissent successivement grâce à l'association des concepts de valeurs, de dynamique de centre, de symétrie telle que la "moyenne" comme le fig 4.3.3.7 ci-dessus.

Actuellement apparaissent des programmes tels que le "Méga box", sorte de mélange de programmes : cinéma, boutiques, restaurants etc. Il devient un équipement métropolitain qui donne de la vitalité à l'aire urbaine. Ce phénomène de grand équipement est traité de façon plus détaillée dans le prochain chapitre : "Le Milieu continu".

4. Dynamique du système urbain : déplacement du centre et équilibre

La notion de système urbain explique et remplace celle de quartier. Elle nous permet de requalifier la centralité urbaine en un *centre mouvant*.

Celui-ci implique les notions de mixité (la croissance engendre plus de mixité programmatique) et de valeur qui finalise la définition du centre de gravité programmatique.

Le centre est le véritable lieu phénoménologique de la ville. Il est l'aboutissement des efforts de production de toutes les activités d'une ville. Par ailleurs une concentration de bâtiments autour d'un espace public induit plus d'échanges matériels, d'informations, d'usages et d'actes sociaux. Le monument a souvent été l'entité la plus prestigieuse symbolisant la centralité d'un quartier, d'un village ou d'une ville. C'est une valeur symbolique absolue créée par et pour l'homme.

Déplacement du centre

Admettons que la valeur du monument a diminué au fil du temps. La centralité se trouve aujourd'hui répartie en divers bâtiments collectifs incluant les anciens monuments. Un lien entre ces entités se crée et cette nouvelle configuration centrale engendre de nouvelles dynamiques de fluidité, d'activités et de vie sociale. Le point central fixé avec un monument absolu devient point dynamique dans un champ d'attraction, composé de plusieurs équipements plusieurs entités ou équipements collectifs aux valeurs fluctuantes.

Visualisons les étapes de transformation d'un système urbain en montrant la dynamique du centre mouvant au-delà du centre statique du quartier :

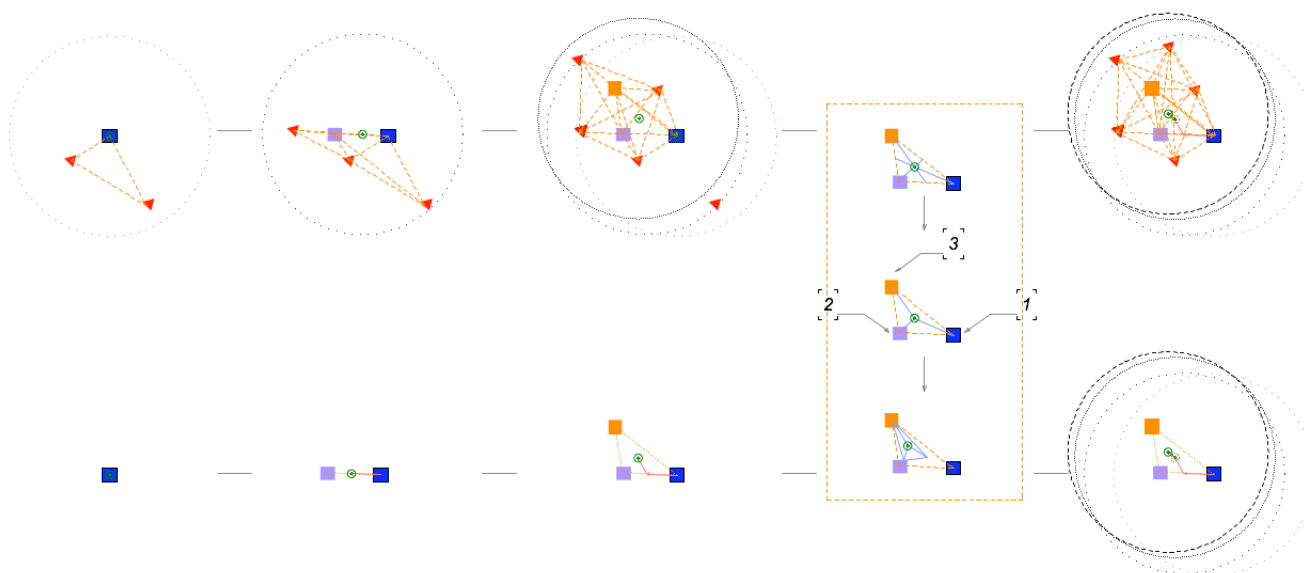


Fig.4.3.3.8 : Dynamique du système d'un centre urbain, évolution du centre de gravité

1. apparition du système composé d'un centre historique avec espace public et groupes d'habitat
2. équipements collectifs et déplacement du centre du système

3. croissance de GH et d'E et nouveau centre virtuel d'équipements collectifs
4. centre virtuel reconstitué par la disposition des programmes et la valeur (1, 2, 3) d'équipements.
5. dynamique du système urbain selon son centre mouvant

Indicateurs : Δ en rouge - groupe d'habitat, \square en bleu - équipement collectif, O en vert - centre du système

Détail du passage de l'étape 3 et 4 en appliquant les différentes valeurs de programmes et visualisation du déplacement du centre de gravité :

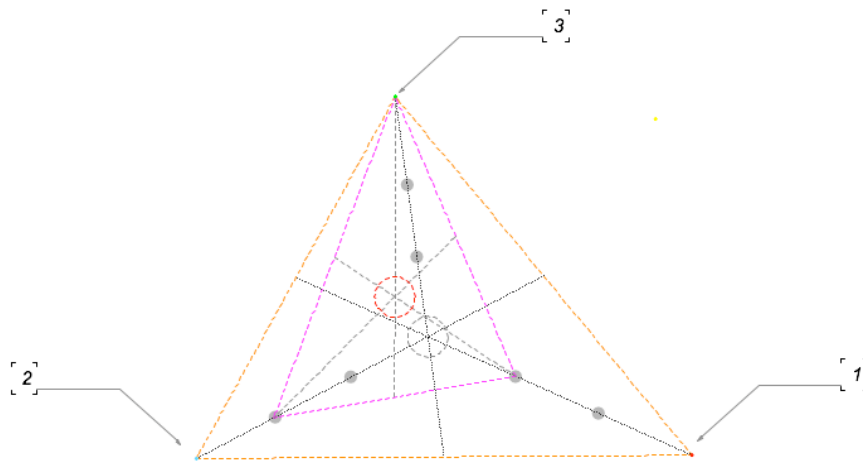


Fig.4.3.3.9 : Centre de gravité dans le triangle avec les valeurs, image par J-J Park

Les équipements associés autour du centre historique se représentent par des liens à la géométrie plus complexe, par exemple polygonale. Essayons donc d'appliquer la formule mathématique qui permet d'obtenir **le centre de gravité d'un polygone**. La figure ci-dessous est par exemple obtenue en reliant par 5 entités elle doit être décomposée en cinq triangles, ayant chacun son centre de gravité :

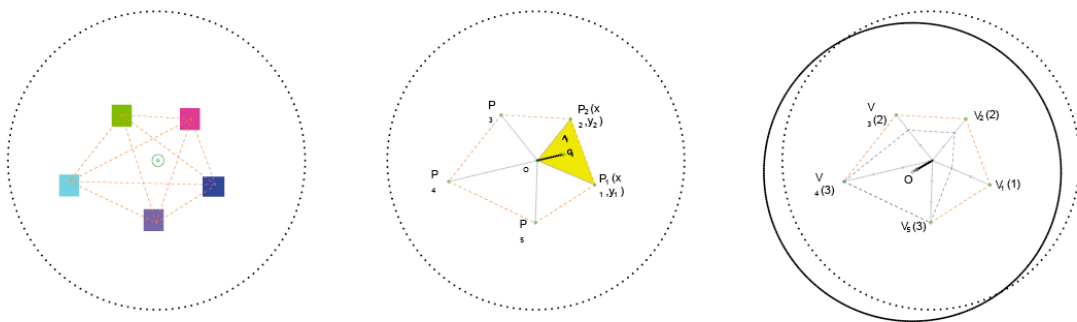


Fig.4.3.3.10 : centre de gravité dans le pentagone

Si on calcule simplement la zone jaune,

$$A_1 = \frac{x_1 y_2 - x_2 y_1}{2}$$

$$G_1 = \left\{ \sum \frac{(x_1 + x_2)}{3}, \sum \frac{(y_1 + y_2)}{3} \right\}$$

A : surface, G : centre de gravité

Répétition de la même opération pour déterminer les centres de gravité dans les autres triangles :

$$A_i = \frac{x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i}{2}$$

$$G_i = \left\{ \sum \frac{(x_i + x_{i+1})}{3}, \sum \frac{(y_i + y_{i+1})}{3} \right\}$$

Alors, le centre de gravité dans le polygone²⁵ est,

$$\bar{G} = \frac{\sum A_i \bar{G}_i}{\sum A} = \left\{ \sum \frac{(x_i + x_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)}{6A}, \sum \frac{(y_i + y_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)}{6A} \right\}$$

\bar{G} : centre de gravité dans le polygone, formule extraite de « [http :www.mathlove.org](http://www.mathlove.org) »

Par la suite lorsque nous souhaiterons déterminer le centre de gravité dans un **polygone plus complexe**, nous devrions aussi considérer les **valeurs du programmes** d'équipements collectifs. Nous appliquerons ainsi la moyenne pondérée afin de déterminer le centre dynamique de l'aire urbaine contemporaine.

moyenne pondérée

Suite à la considération du calcul du centre de gravité dans le polygone complexe, une autre méthode prenant en compte les trois problématiques suivantes est développée :

- **Problème de géométrie beaucoup plus complexe** (selon les nombreux équipements collectifs disposés)
- **Problème de la valeur de l'équipement collectif** (qui change dans le temps)
- **Problème de coordination x, y, z** (d'intégration de SIG)

Supposons que le concept de moyenne pondérée²⁶ convient à la détermination du centre mouvant en résolvant ces problèmes, la transformation dans le temps ($t-1$, $t0$, $t+1$) reste une inconnue (quelle sera la valeur future d'un programme).

²⁵ C'est une loi mathématique connue qui définit le centre de gravité. Nous l'avons appliqué pour calculer le centre en mouvant qui se trouve dans les polygones.

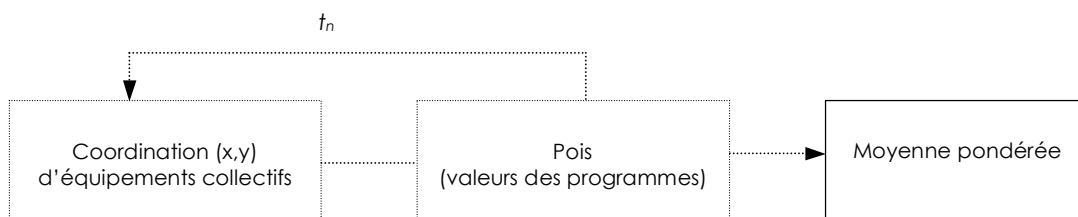


Fig.4.3.3.10 : lien entre la coordination, la valeur et le moyenne pondérée

Nous avons déterminé la position du centre mouvant par pondération des valeurs, en fonction des coordonnées (x,y) des différents équipements ci-dessous ;

item no.	name	x position	y position	weight		weight * x	weight * y
1	church	2.5	6	4		10	24
2	commune	2	2	3		6	6
3	school	3	1	2		6	2
4	market	5	6	1		5	6
5							
	sum	12.5	15	10		27	38
	mean	2.5	3		weighted mean	2.7	3.8

formula = $(w_1 * x_1 + w_2 * x_2 + \dots + w_n * x_n) / (w_1 + w_2 + \dots + w_n)$

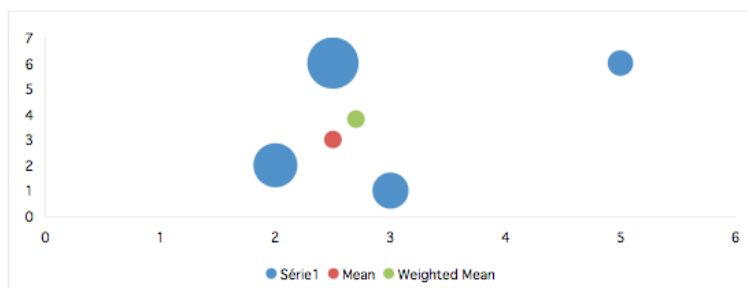


Table et graphe. 4.3.3.11 : T_1 , le centre se trouve autour de trois programmes importants

²⁶ On nomme moyenne pondérée la moyenne d'un certain nombre de valeurs pondérées de coefficients. En statistiques, considérant un ensemble de données, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, et les poids non-négatifs correspondants, $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, la moyenne pondérée \bar{x} est calculée suivant la formule ; ...extrait de "http://fr.wikipedia.org/wiki/Moyenne_pondérée"

$$\text{la moyenne pondérée } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \text{ soit } \bar{x} = \frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 + \dots + w_n x_n}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n}$$

Nous avons réinterprété cette loi mathématique en l'intégrant au centre mouvant urbain en considérant chaque équipement collectif comme une masse qui se trouve sur un plan orthonormé de coordonnée (x,y) avec "un poids propre" (valeur de programme).

item no.	name	x position	y position	weight		weight * x	weight * y
1	church	2.5	6	1		2.5	6
2	commune	2	2	2		4	4
3	library	5	3	3		15	9
4	school	3	1	4		12	4
5	hypermarket	5	6	5		25	30
	sum	17.5	18	15		58.5	53
	mean	3.5	3.6		weighted mean	3.9	3.53333333

formula = $(w1 * x1 + w2 * x2 + w3 * x3) / (w1+w2+w3)$

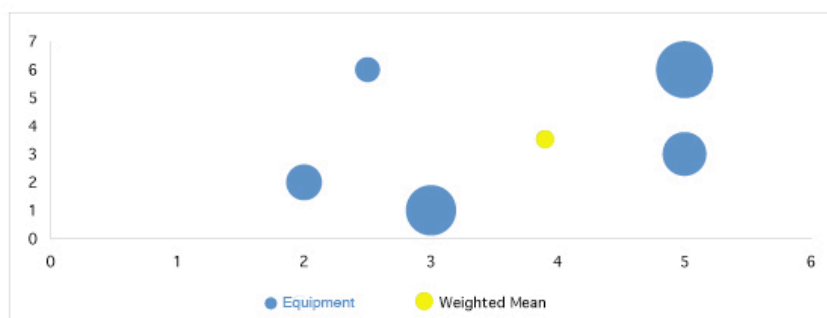


Table et graphe. 4.3.3.12 : T_2 , selon le divers programme et le changement de valeur, le centre dynamique pondéré se trouve au point d'équilibre entre les équipements²⁷

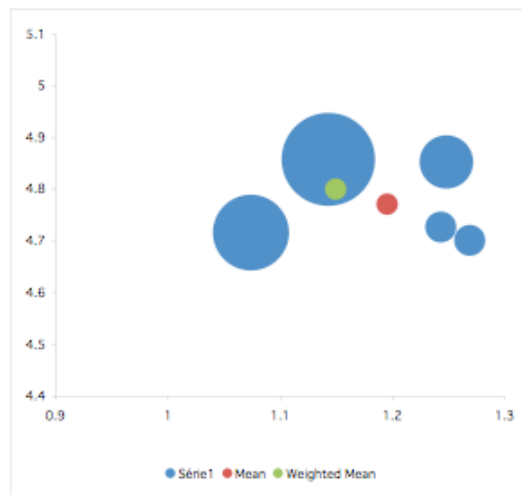
La valeur du programme commercial est ici amplifié comme celle de la bibliothèque. La valeur des autres programmes a également été modifiée. En conséquence, les centres (en rouge et vert) se déplacent et aussi se décalent, nous avons ainsi obtenu un résultat plus dynamique en appliquant la moyenne pondérée. Cette dynamique est liée et influencée par la croissance et la transformation des groupes d'habitat (échelle inférieure) ainsi qu'à l'ensemble des systèmes (échelle supérieure).

Enfin, nous pouvons suivre la trace de déplacement du centre, **le point en rouge → le point en vert → le point en jaune** dans les deux images au-dessus. Le centre urbain peut se déplacer selon la croissance des équipements collectifs et l'évolution de la valeur.

Par la suite, nous expérimenterons la dynamique des systèmes urbains dans trois cas réels de l'ouest lausannois : le centre de Bussigny, le centre de Prilly et le centre d'Ecublens.

²⁷ Ces tables et graphes dans le chapitre, « Moyenne pondérée » sont développés par Jong-Jin Park et Dr.Jung-Eung Park

Item no.	name	x position	y position		weight		weight * x	weight * y
1	church	1.248	4.853		3		3.744	14.559
2	commune	1.074	4.716		6		6.444	28.296
3	school 1	1.143	4.858		9		10.287	43.722
4	market1	1.243	4.727		1		1.243	4.727
5	market2	1.269	4.701		1		1.269	4.701
6								
7								
8								
9								
	sum	5.977	23.855		20		22.987	96.005
	mean	1.1954	4.771			weighted mean	1.14935	4.80025



Item no.	name	x position	y position		weight		weight * x	weight * y
1	church	1.248	4.853		3		3.744	14.559
2	commune	1.074	4.716		6		6.444	28.296
3	school 1	1.143	4.858		9		10.287	43.722
4	market1	1.243	4.727		1		1.243	4.727
5	market2	1.269	4.701		1		1.269	4.701
6	school 2	1.195	4.784		9		10.755	43.056
7	church2	1.031	5.065		3		3.093	15.195
8	market3	1.184	4.436		6		7.104	26.616
9	administration	1.003	4.696		3		3.009	14.088
	sum	10.39	42.836		41		46.948	194.96
	mean	1.154444444	4.759555556			weighted mean	1.145073171	4.755121951

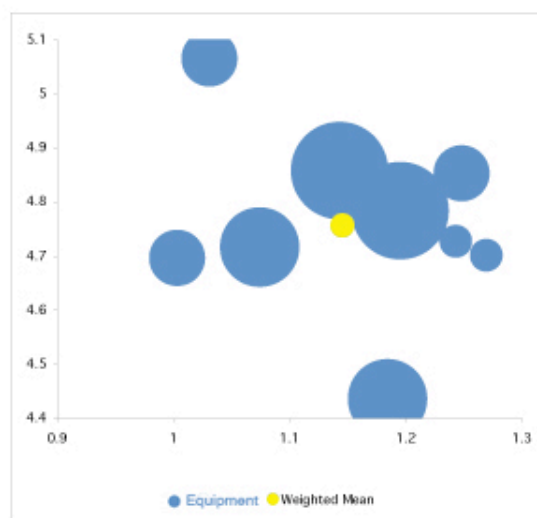
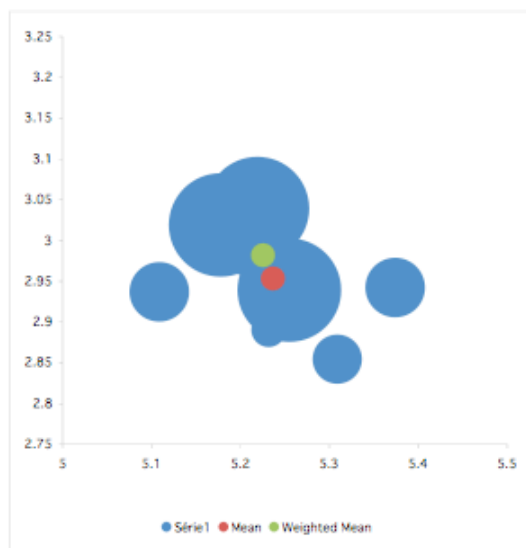


Table et graphe. 4.3.3.13 : déplacement du centre(1. Point en rouge → 2. Point en vert en haut → 3. Point en jaune en bas) , Bussigny L'apparition des nouveaux équipements qui ont été configuré dans plusieurs directions est moins pertinent pour déplacer l'ancien centre.

item no.	name	x position	y position		weight		weight * x	weight * y
1	church	5.374	2.942		3		16.122	8.826
2	commune	5.216	3.006		6		31.296	18.036
3	commerce	5.255	2.939		9		47.295	26.451
4	police	5.109	2.937		3		15.327	8.811
5	restaurant	5.309	2.854		2		10.618	5.708
6	school	5.178	3.019		9		46.602	27.171
7	nursery	5.219	3.039		9		46.971	27.351
8	market1	5.232	2.89		1		5.232	2.89
9							0	0
	sum	41.892	23.626		42		219.463	125.244
	mean	5.2365	2.95325			weighted mean	5.225309524	2.982



item no.	name	x position	y position		weight		weight * x	weight * y
1	church	5.374	2.942		3		16.122	8.826
2	commune	5.216	3.006		6		31.296	18.036
3	commerce	5.255	2.939		9		47.295	26.451
4	police	5.109	2.937		3		15.327	8.811
5	restaurant	5.309	2.854		2		10.618	5.708
6	school	5.178	3.019		9		46.602	27.171
7	nursery	5.219	3.039		9		46.971	27.351
8	market1	5.232	2.89		1		5.232	2.89
9	school2	5.309	3.19		9		47.781	28.71
	sum	47.201	26.816		51		267.244	153.954
	mean	5.244555556	2.979555556			weighted mean	5.240078431	3.018705882

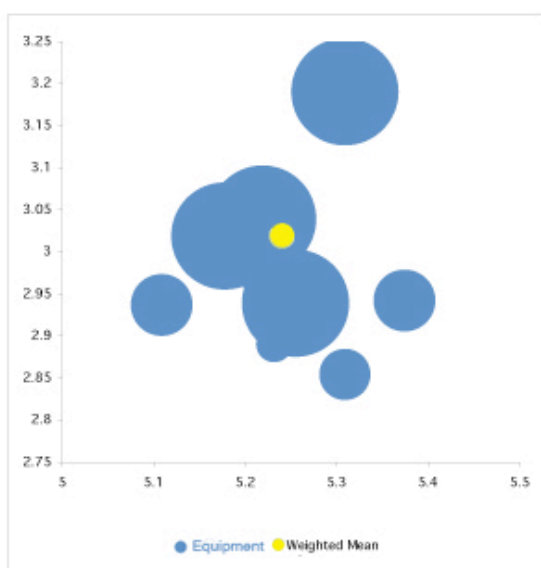
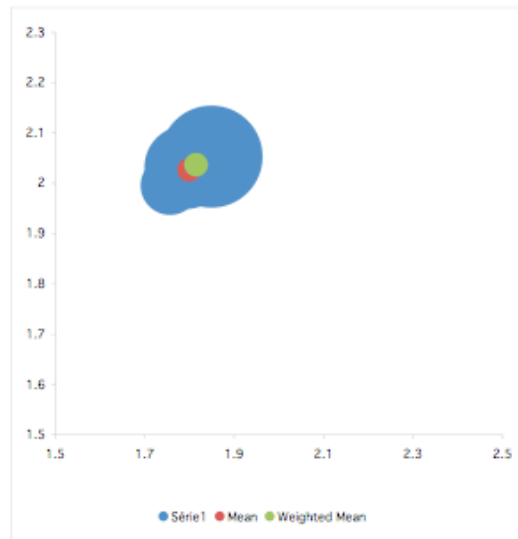


Table et graphe. 4.3.3.14 : déplacement du centre (1. Point en rouge → 2. Point en vert en haut → 3. Point en jaune en bas), Prilly. L'apparition des nouveaux équipements avec la valeur potentielle peut déplacer facilement le centre.

item no.	name	x position	y position		weight		weight * x	weight * y
1	church	1.849	2.053		9		16.641	18.477
2	commune	1.793	2.032		6		10.758	12.192
3	Restaurant	1.757	1.995		3		5.271	5.985
4								
5								
6								
7								
8								
9								
	sum	5.399	6.08		18		32.67	36.654
	mean	1.799666667	2.026666667			weighted mean	1.815	2.036333333



item no.	name	x position	y position		weight		weight * x	weight * y
1	church	1.849	2.053		3		5.547	6.159
2	commune	1.793	2.032		6		10.758	12.192
3	Restaurant	1.757	1.995		3		5.271	5.985
4	administration	1.661	1.761		3		4.983	5.283
5	school	1.77	1.729		9		15.93	15.561
6								
7								
8								
9								
	sum	8.83	9.57		24		42.489	45.18
	mean	1.766	1.914			weighted mean	1.770375	1.8825

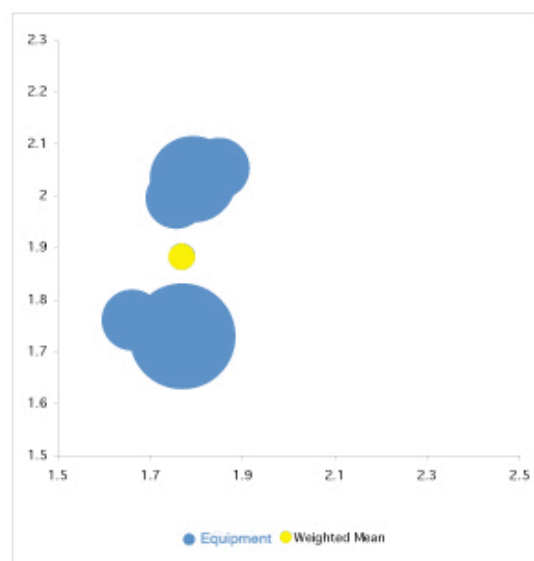


Table et graphe. 4.3.3.15 : déplacement du centre[1. Point en rouge→ 2. Point en vert en haut →3. Point en jaune en bas) , Ecublens. L'apparition d'un groupe de matériels avec des valeurs potentielles est pertinent pour déplacer le centre du système.

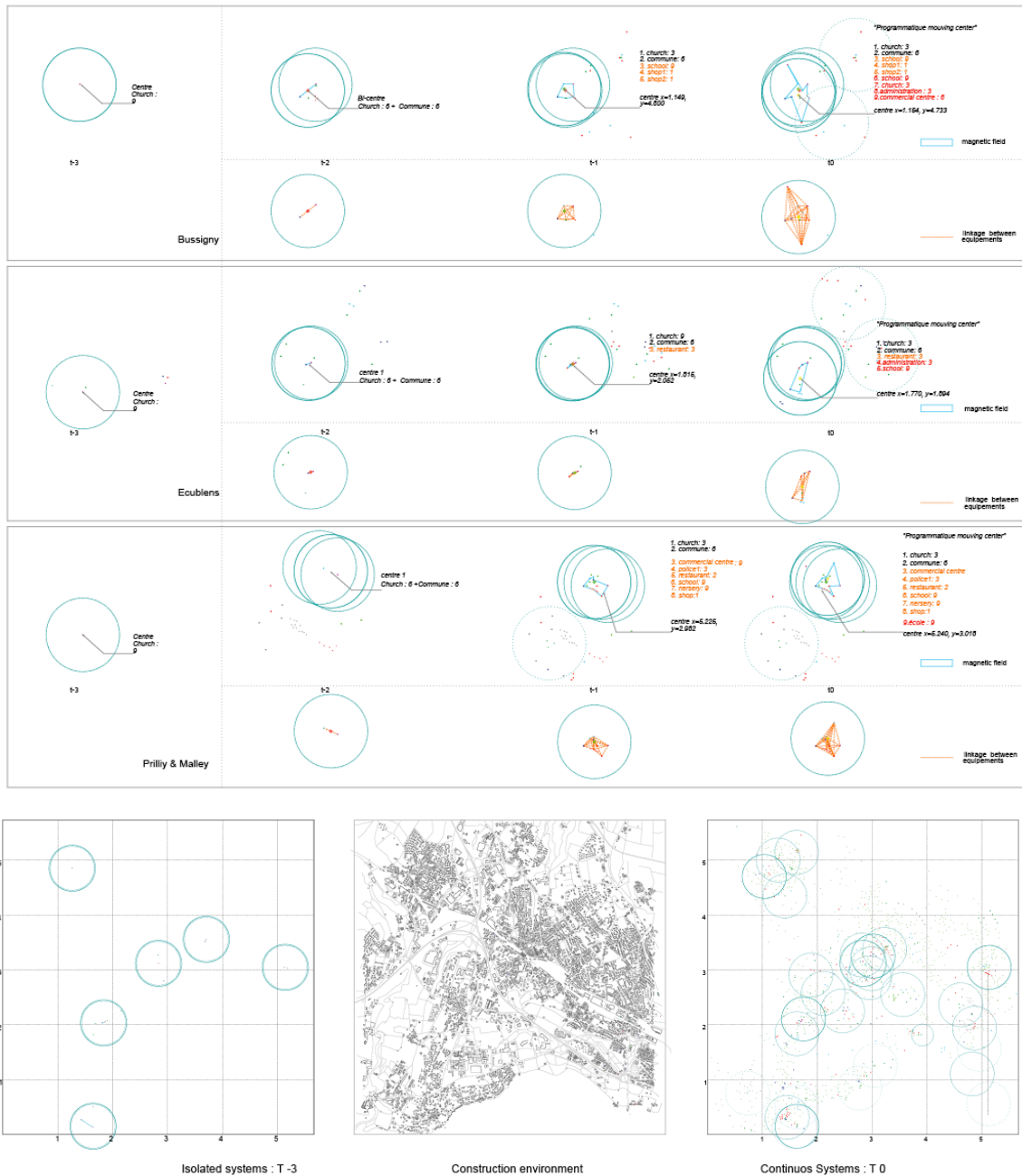


Fig. 4.3.3.16 : évolution du système urbain et centre mouvant : Bussigny, Ecublens et Prilly à l'Ouest lausannois,

Le champ magnétique du centre a été configuré à partir de diverses géométries, d'un point au polygone complexe ($\bullet \rightarrow - \rightarrow \Delta \rightarrow \square \rightarrow \star$). La présence de nombreux équipements et leurs valeurs changeant dans le temps engendrent la dynamique urbaine. Par conséquent, le déplacement du centre urbain à l'Ouest lausannois basé sur la notion du centre de gravité et de la moyenne pondérée a été représentée par le processus de la morphogénèse illustré ci-dessus.

Nous nous sommes posés certaines questions en vue de leurs expérimentations sur la dynamique des systèmes urbains :

- Quelle centralité urbaine peut on actuellement proposer ?

- *Quelle moyenne est-elle possible et la plus efficace pour le changement ?*
- *Quelles mesures efficaces peuvent être proposées pour dynamiser la centralité ?*

Nous avons proposé la notion du centre dynamique programmatique pour répondre aux questions posées ci-dessus. Ainsi, le centre de gravité dans les polygones et la moyenne pondérée dans les géométries complexes sont les concepts mathématiques liés à la symétrie dont le sens de l'équilibre est mis en valeur pour expliquer la transformation des systèmes aux milieux urbains.

Par ailleurs, nous mettons l'accent sur les deux paramètres suivants pour une transformation radicale :

- *Localisation stratégique des nouveaux programmes : concentration / dispersion*
- *Choix de programmes effectifs selon leurs valeurs*

Perspective du système urbain et discussion

Le village ou le quartier urbain est défini en tant que système urbain avec ses éléments interactifs : GH, GA, E, EP. À ce niveau d'organisation, l'importance de concevoir les équipements collectifs dans leur ensemble, en prenant en compte leur interaction et leur valeur relative s'est manifestée.

Le système urbain se caractérise par un centre dynamique. L'addition ou la suppression d'équipements et l'évolution de la valeur symbolique propre aux programmes (en fonction des besoins et la transformation de la société) réinterprètent la centralité : la ville s'adapte enfin à son évolution programmatique.

En élaborant le *centre de gravité programmatique*, nous posons autrement la question de "poly-centres" en urbanisme. Avant de créer partout de nouveaux centres urbains ne faut-il pas mieux exploiter et organiser les centres urbains en évolution de manière plus efficace ? Notamment, pour le développement dans les communes périphériques, l'identification et l'exploitation des anciens centres avec les programmes potentiels à proximité peuvent nous permettre d'aboutir à un centre urbain beaucoup plus subtil et raisonnable.

Ainsi, nous avons élaboré le *centroïde* et la *moyenne pondérée* pour repérer et manifester le *centre mouvant* basé sur la notion de densité et de mixité. La moyenne pondérée est très utile pour représenter un centre urbain complexe avec les bâtiments mixtes contemporains. Ces notions seront utiles aussi pour déterminer la meilleure localisation des grands équipements à une échelle supérieure par exemple (une usine²⁸ ou un hôpital etc.).

L'élaboration et l'intégration de valeurs évolutives au SIG reste un champ à développer et à exploiter pour une prochaine recherche sur la ville contemporaine. Ses portées sont immenses.

²⁸ SCHÄRLIG Alain a élaboré une théorie de localisation d'équipement dans son œuvre du point de vue d'économie, « Où construire l'usine ? la localisation optimale d'une activité industrielle dans la pratique. »

4.3.4 Notion de “ Milieu continu et Connectivité ”

La ville est une réorganisation de systèmes urbains selon (dis)continuité, “ milieu continu ”.

Nous avons observé, lors de notre étude sur le centre dynamique que le système urbain, qui représentait notamment le quartier et le village, croît et se multiplie. Le système se métamorphose en une *structure urbaine* continue et dynamique qui assure une qualité collective liée à des activités urbaines -habiter, produire, distribuer, servir, consommer, etc. -. Les systèmes urbains sont en synergie et sont coordonnés. Cette dynamique s'enclenche à partir de 3 systèmes qui ensemble forment un milieu urbain. Nous appelons cet ensemble de systèmes : *le milieu continu*, qui caractérise l'organisation spatiale de l'état construit à l'échelle de la ville.

1. Définition de “ milieu continu ”

Nous proposons le *milieu continu* ²⁹ comme nouvelle notion d'échelle supérieure. Cette échelle de “ ville ” définit autrement le milieu urbain de la ville qui n'est plus celui d'hier. Nous voyons la ville comme un ensemble de systèmes urbains qui interagissent et s'organisent continuellement dans un environnement architectural, naturel et construit. L'ensemble de ces systèmes, leur géométrie, se déforme continuellement et fait la singularité de chaque ville³⁰.

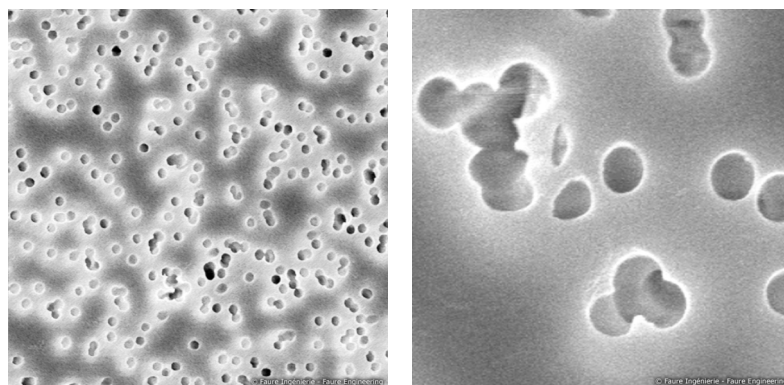


Fig.4.3.4.1 : nanoparticules, image extraite de www.pspn.fr/index.php?cat=9

²⁹ Le mot « milieu continu » dérive des propriétés caractéristiques de la matière en Physique ;

Si l'on regarde la matière de « très près » (échelle nanoscopique), la matière est granulaire, faite d'atomes. Mais à l'œil nu (donc en se plaçant à notre échelle), un objet solide semble continu, c'est-à-dire que ses propriétés semblent varier progressivement, sans à-coups.

L'hypothèse des milieux continus consiste à considérer des milieux dont les propriétés caractéristiques, c'est-à-dire celles qui nous intéressent — densité, élasticité, etc. — sont continues (http://fr.wikipedia.org/wiki/Mécanique_des_milieux_continus). Le milieu continu se caractérise au niveau de son **homogénéité** et de sa **déformation**. L'homogénéité se compose par de simples éléments. La déformation s'interprète géométriquement par des variations de longueurs et de distances, des variations d'angle, ou des dilatations volumétriques.

³⁰ Milieux : Dès lors que la ville est perçue avec sa dimension physique, on peut affirmer, avec les conséquences qui en découlent, que les villes ne se ressemblent pas, contrairement à ce que le discours dominant voudrait faire admettre. La singularité de chaque ville, de chaque site, abstraction faite de ses caractéristiques quantifiables, repose sur la répartition entre éléments naturels et construits, BERGER P., <http://www.patrickberger.com/notes/milieux.html>

Dans cette recherche, nous assimilons **l'homogénéité et la déformation des systèmes urbains continus à l'aire urbaine afin d'expliquer le phénomène d'étalement et de fragmentation de la métropole**. Nous pouvons par exemple observer un grand ensemble voir une multitude de superposition de systèmes complexes tel qu'un centre de grande métropole ou bien encore l'apparition aléatoire de systèmes en périphérie (le *pattern*³¹ qui émerge parmi les systèmes dispersés a un intérêt particulier pour la suite de la recherche).

Le *milieu* permet de mieux appréhender la transition de la ville vers la métropole par la (dis-) continuité des systèmes urbains. Il permet aussi l'émergence d'un *ordre urbain*, notion qui n'est pas clairement représenté aujourd'hui en urbanisme. Le *milieu continu* rejoint la notion de reproduction, de transformation et de réorganisation dans le processus symétrique à l'échelle de la ville.

A cette échelle, **nous proposons un concept de dynamique urbaine qui se caractérise par la continuité et par sa capacité d'élasticité. Les systèmes se mettent ensemble et le contour des systèmes, qui définit son champ d'influence, se dilate et se contracte**. Cette métamorphose de systèmes peut être représentée de manière géométrique en indiquant les développements alternatifs pour la réorganisation des éléments tels les groupes d'habitat, d'activités, les équipements et les espaces publics.

La notion de connectivité met l'accent sur la disposition des grands équipements (gare, aéroport, hôpital, stade, centre commercial) dans le milieu urbain. L'effet de (dé)localisation de grands équipements peut radicalement transformer l'ordre urbain. Ce n'est pas une simple (ré-)création d'un nouveau pôle d'attraction mais cela représente aussi une nouvelle articulation entre des systèmes. Nous supposons que le *milieu continu*, nouvelle morphologie urbaine d'ensemble de systèmes est un nouveau concept qui explique autrement l'urbanité de la métropole d'aujourd'hui.

Le milieu continue, nouvelle forme d'organisation des systèmes continus, peut être aussi représenté en compilant les illustrations liées aux théories d'"espace granulé" et de "*neighborhood complex*". (voir aussi les théories, pp.209-216)

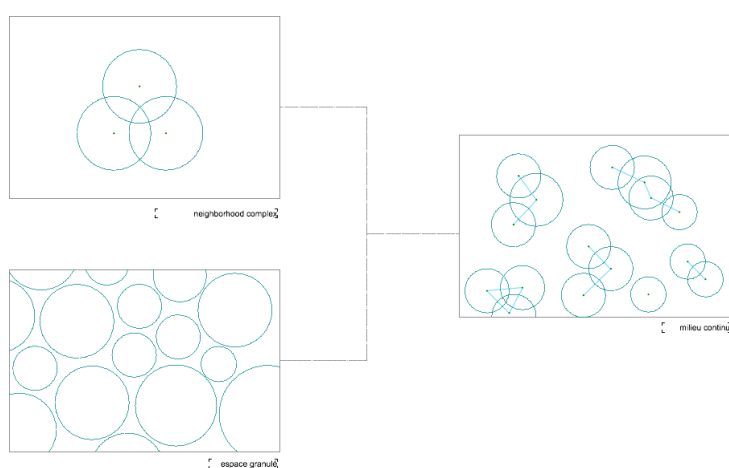


Fig.4.3.4.2 : trois modèles : le *neighborhood complex*, l'*espace granulé* et le *milieu continu*

³¹ Le *pattern*, à l'échelle de milieu continu, se crée par la continuité des systèmes urbains et se représente par la forme de ligne réfractée, de triangle, de branche ou de carrée etc.

Du milieu continu vers l'identité urbaine

Milieu Continu (MC) : A l'échelle macro, on considère la ville elle-même comme étant un agent intervenant dans le processus de morphogenèse. La ville se définit comme un grand ensemble de systèmes urbains en interaction. Elle se caractérise par les minimum 3 systèmes connectés. Elle se compose en outre d'éléments individuels qui ne faisant à priori pas partie d'un système quelconque. Ainsi :

$$MC = \{SU_{n/n \geq 3}, EP_{m/m \geq 0}, E_{p/p \geq 0}, H_{q/q \geq 0}, A_{r/r \geq 0}\}$$

SU : système urbain, EP : espace publique, E : équipement, H : habitat, A : activité

Quand on parle de mesure du milieu continu, la distance aux centres de systèmes est essentielle. Le rayon d'un système urbain qui est de 400 mètres (**$r=400m$, diamètre, 800m**), elle permet la " vie de quartier ". La distance maximale entre les centres des systèmes urbains est de 1600 mètres (**$400m < D(MC) < 1'600m$**). Le trajet des usagers, ne dépasse ainsi pas 2400m ($1\frac{1}{2}$ miles). Nous considérons que ces mesures permettent de faire fonctionner autrement les activités urbaines et collectives de la " ville "

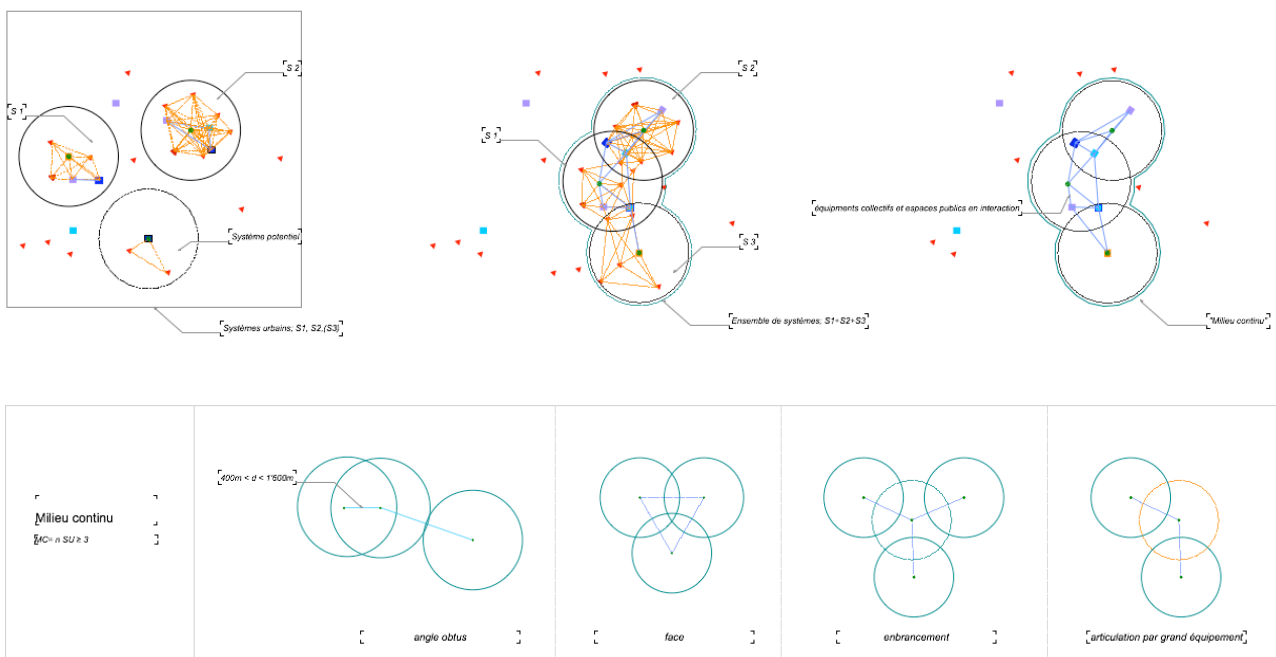


Fig.4.3.4.3 : les systèmes urbaines dispersés et le milieu continu

1. Apparition des différents systèmes (S1, S2, S3)
 2. Milieu continu établi par la continuité des systèmes et les liens entre leurs éléments ($S1 + S2 + S3 = MC_{1+2+3}$)
 3. Simplification des milieux urbains par le lien entre les équipements, les espaces publics et les centres (MC_{1+2+3})
 4. Différentes formes de milieux continus représentés par leurs contours et liens
- Indicateurs : triangle en rouge : GH, carré : E ou EP, cercle : Centre

Le *milieu continu* permet de représenter une nouvelle forme d'organisation des communes. Sont représentées ci-dessous les communes de l'Ouest lausannois. Nous voyons apparaître des milieux continus constitués de 3 ou 4 systèmes continus gravitant autour de grands équipements tels que l'Ecole Polytechnique ou l'Université de Lausanne.



Fig.4.3.4.4 : l'ensemble de communes de l'Ouest lausannois représenté par milieu continu

En fonction des différentes méthodes de détermination des systèmes, le milieu continu est modifié. (voir. **Fig.4.3.4.5**) Le " contour mouvant" manifeste la dynamique urbaine à l'échelle de milieu continu.

2. Dynamique du milieu continu

Le contour délimitant le milieu continu peut se dilater ou se contracter, en réaction aux circonstances environnantes et à leur proximité :

1. Apparition d'enchaînement linéaire (angle obtus). Le système ayant la plus haute valeur programmatique s'accroît.
2. Apparition d'une face dans plusieurs systèmes urbains associés : les associés accroissent ensemble.
3. Apparition d'un nœud central qui relie au minimums 3 systèmes urbains, embranchement : le nœud (de systèmes) s'accroît.
4. Apparition d'un point d'articulation comme un programme singulier (tel un grand équipement) : les systèmes avoisinants s'accroissent.

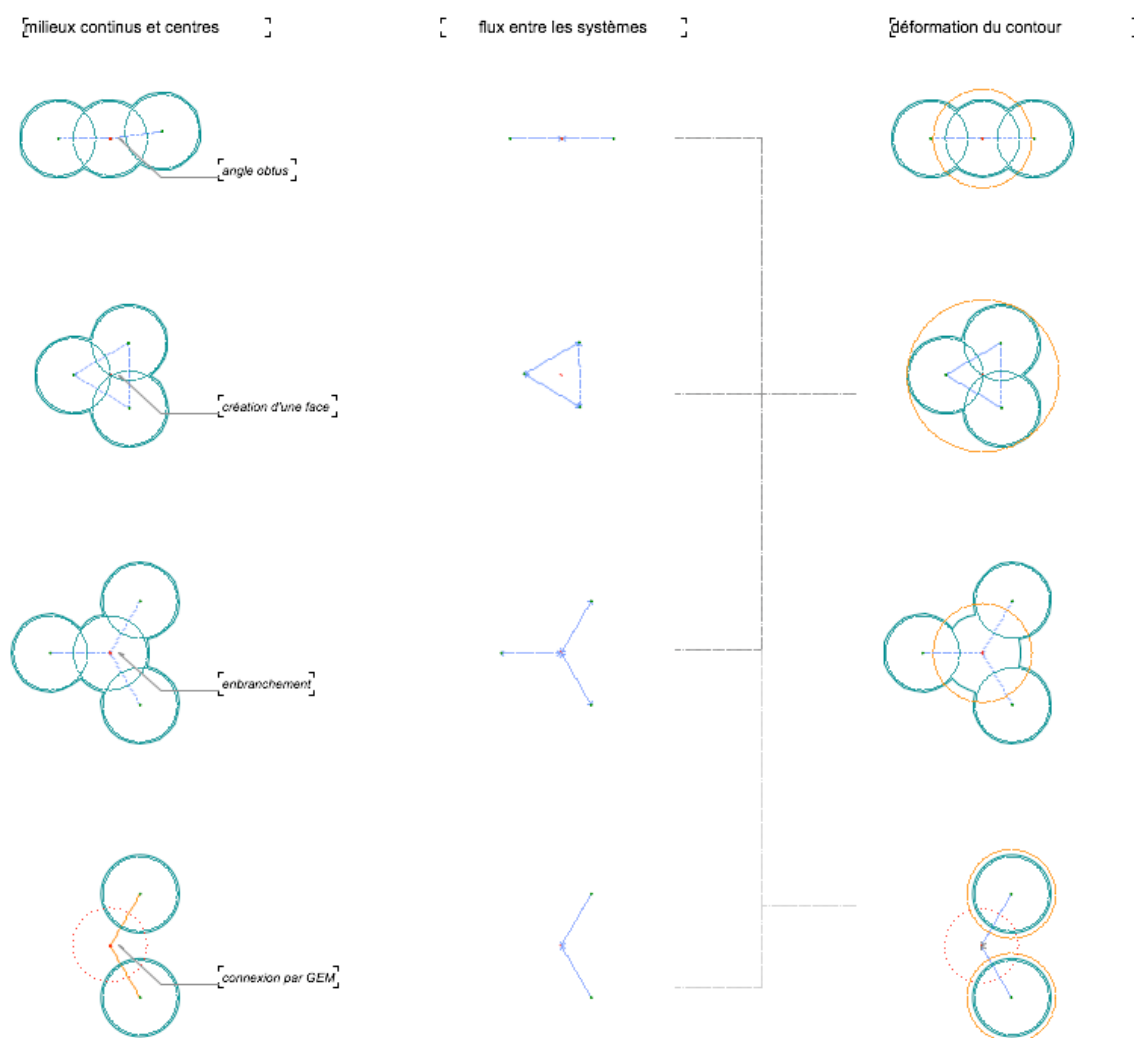


Fig.4.3.4.5 : déformation du contour de " milieu continu ", Indicateur : cercle en orange- le nouveau contour

En résumé, la continuité des systèmes augmente les possibilités : "va-et-vient" et "activités". Des nouvelles zones à densifier se créent aux abords des milieux.

Plus précisément, dans le cas d'enchaînement linéaire par l'angle obtus, nous prévoyons beaucoup plus de mouvements axiaux entre points centraux. Le système urbain ayant la plus haute valeur programmatique attire les habitats et les autres équipements. Cette croissance se visualise par le contour déformé. (Pour le calcul de valeur voir aussi pp.125-127)

Dans le deuxième cas, le milieu continu basé sur le lien triangulaire, carré ou circulaire permet de développer une zone centrale commune et croît dans tous les sens de façon égale.

Enfin, le milieu qui se caractérise par une distribution en " Y " établit et renforce sa centralité. Le système au centre du milieu continu accueille plus de groupes d'habitat et d'activités ainsi s'accroissant.

En revanche, le cas de l'articulation est particulier. Le cercle rouge (un grand équipement) est le moteur de transformation des systèmes avoisinants³². Les nouveaux groupes d'habitat qui s'installent autour de ces systèmes profitent aussi du grand programme ou au contraire (le cas de grand programme de nuisance, par exemple un cimetière, une usine, une prison etc.). Cette dynamique sera élaborée plus en détail dans le chapitre " (Dé) localisation des grands équipements et effet dynamique ".

Ces dynamiques de contours mouvants permettent de visualiser une nouvelle forme de dynamique urbaine, elles introduisent les zones d'extensions futures les plus probables pour l'accueil de nouveaux habitants et des équipements collectifs. (Voir aussi les dessins représentés au chapitre d'expérimentation pp.181-185 et fig. 6.1.7 p.195)

³² Selon, le caractère du grand équipement, étant " attracteur " ou " répulseur ", le grand équipement fait dilater ou contracter les systèmes avoisinants.

3. Notion et forme de “ connectivité ”

Nous Introduisons la notion de “ connectivité ” liée à l'émergence de grands équipements dans des milieux urbains instables. Il peut s'agir de la (dé)localisation d'une entité métropolitaine qui fait partie d'un enjeu stratégique dans le développement d'une ville. La notion de connectivité par l'apparition d'un GEM (Grand Equipement Métropolitain) se différencie de la continuité par addition simple d'un autre système urbain. Plus précisément, elle se caractérise morphologiquement par les capacités de ponctuation, d'élongation, et d'articulation propre au GEM en rapport aux milieux continus existant au-delà de la simple juxtaposition axiale de systèmes.

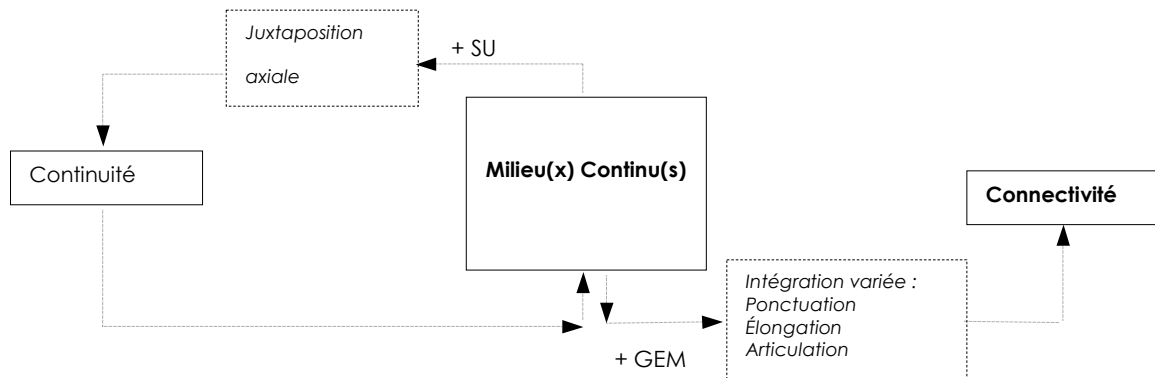


Fig.4.3.4.6 : diagramme schématisé de la notion de connectivité

Connectivités : Ponctuation, Élongation et Articulation

Différentes formes d'organisations géométriques basées sur la notion de connectivité sont représentées ci-après. Nous les classifions par trois catégories ;

- *Ponctuation* : Signe marquant le début ou la fin d'un milieu continu
- *Élongation* : juxtaposition le long d'un axe
- *Articulation* : noyau articulant des milieux continus, ou embranchement

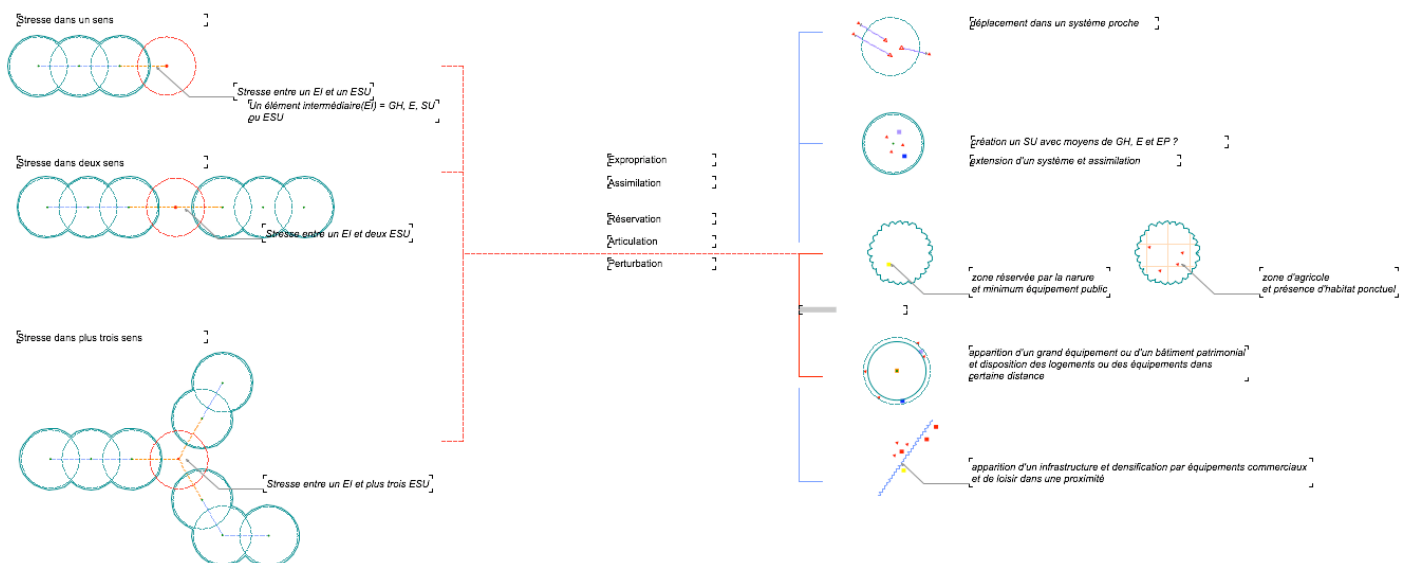


Fig.4.3.4.7 : Apparition d'un élément urbain proche d'un ou de plusieurs de milieu(x) continu(s). Un grand équipement crée un signe, une élongation ou une articulation.

Pour faire un parallèle, nous illustrons quelques *patterns* de "isoprenoid molecules" issu du domaine de la biosynthèse représentée par des chercheurs américains.³³ Des squelettes de carbone de plus de 55.000 isoprenoids composés naturellement sont créés par quatre réactions de couplage fondamentales : *chain elongation*, *cyclopropanation*, *branching*, and *cyclobutanation*. Les différentes structures sont reliées par des joints en jaune. (voir Figures.4.3.4.8)

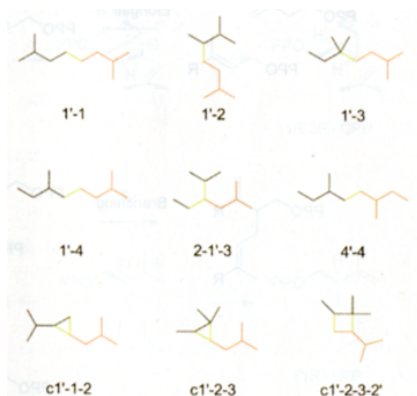


Fig.4.3.4.8 : patterns trouvés dans la nature qui relient des unités " isoprene " : (en rouge et noir)

Les formes ci-dessus nous inspirent différentes formes de connectivité basée sur les GEMs dans les milieux urbains. En termes de géométrie, la forme de connexion de GEMs peut être représentée géographiquement par le point, la ligne, le triangle, le carré et le cercle. Ainsi, des nouveaux GEMs dans des milieux continus constituent différentes formes d'organisation cherchant à optimiser leur impact sur les milieux urbains.

Nous observons également que la distance entre milieux continus (la distance entre deux centres à l'extrémité), qui a été proposée entre 400m et 1'600m, se modifie par l'apparition d'un GEM. Les habitants dans ce paramètre du milieu continu peuvent facilement se déplacer avec les mobilités douces. De plus, le GEM s'associe certainement avec stations de transport public et des réseaux routiers ou ferroviaires. Grâce à ce lien avec le GEM les gens peuvent facilement se déplacer dans la métropole. Ainsi, la connectivité entre les milieux continus et le GEM permettent de faire varier la mobilité et les activités des milieux urbains.

³³ Hirekodathakallu V. Thulasiram, Hans K. Erickson, Dale Poultert, Department of Chemistry, University of Utah, USA

4. (Dé)localisation des grands équipements et effet dynamique

Définition du " grand équipement métropolitain "

Nous pouvons distinguer les grands équipements métropolitains (GEMs) des autres équipements collectifs qui font partie des systèmes urbains par leur ;

1. Taille physique (occupation du sol, volume bâti)
2. Effet de transformation sur l'environnement (mixité, densité, diversification, etc.)
3. Localisation stratégique (connectivité) à long terme

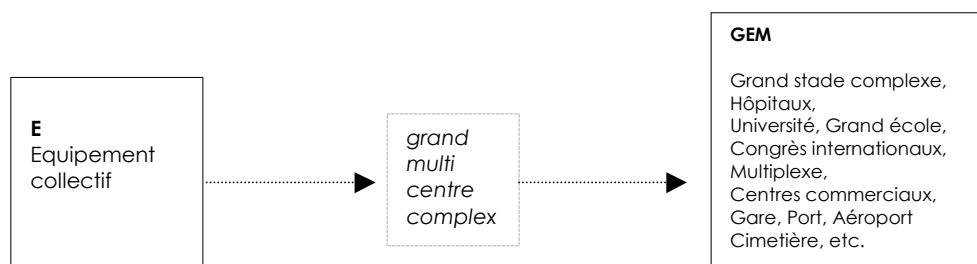


Fig.4.3.4.9 : diagramme de GEM

Prenons comme exemple deux GEMs de la métropole de Paris, le " Palais Omnisports de Paris-Bercy " et la " Bibliothèque Nationale de France ".

Le Palais Omnisports de Paris-Bercy qui accueille différents types d'événements sportifs ainsi que des concerts, est l'exemple type d'un grand équipement à multiples programmes. C'est un lieu de grandes manifestations métropolitaines qui crée un centre urbain avec le grand parc public du 12^{ème} arrondissement. De l'autre côté de la Seine, se trouve la BNF, qui accompagne la réhabilitation de la Gare d'Austerlitz et de l'Université de Paris 7 (Denis-Diderot), l'effet est remarquable du point de vue de transformation urbaine au 13^{ème} arrondissement. Elle se trouve à un point stratégique du développement périurbain entre Paris et les communes périphériques telles Ivry et Vitry-sur-seine.

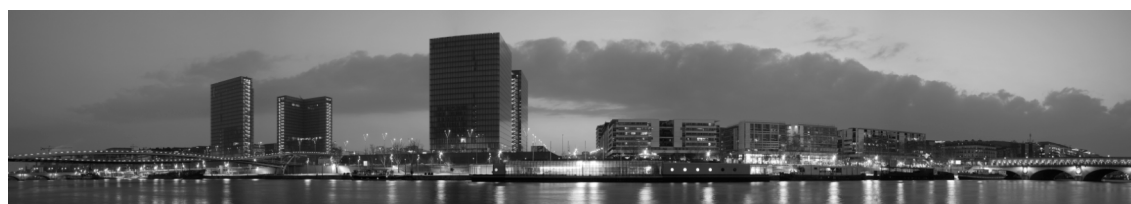


Fig.4.3.4.10 : BnF, Paris, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Bnf_20070218.jpg

(dé)localisation des équipements sportifs à Lausanne

Présentons ici le projet de *Métamorphose Lausanne*³⁴ du nouveau stade de Lausanne (implanté à Malley) et la délocalisation de l'ancien stade de la Blécherette et leurs effets sur le développement urbain de la ville.

³⁴ Métamorphose: «un ensemble de projets cohérent pour le développement urbain de Lausanne. Les quatre axes d'intervention du projet permettront de moderniser et densifier la ville: rénovation des équipements sportifs de la capitale

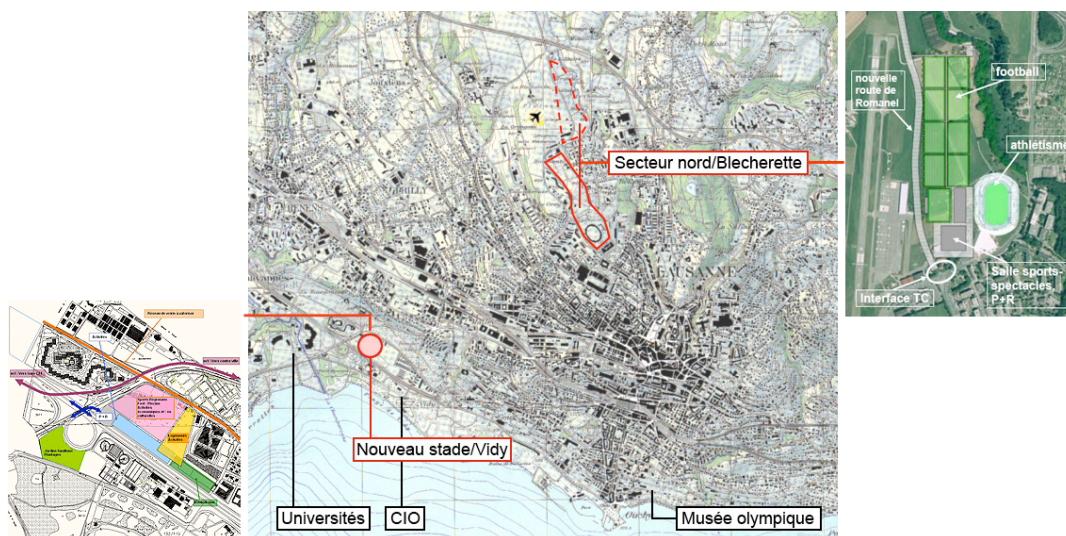


Fig.4.3.4.11 : (dé)localisation d'équipements sportifs dans le projet de "Métamorphose", Lausanne, images extraites de <http://www.lausanne.ch/>

Ici, le besoin se fait sentir depuis de nombreuses années de disposer d'une grande salle multisports et multifonctionnelle adaptée tant au sport qu'à la tenue d'autres activités non liées au sport (spectacles et autres). Le besoin d'un nouveau grand stade de football et d'une piscine est aussi ressentie.

- *Un stade et une piscine couverte au sud*

Construction, à proximité de la Bourdonnette, d'un complexe constitué d'un stade de football d'une capacité de 12'000 à 15'000 places assises, d'une piscine couverte olympique et d'un boulodrome.

- *Un stade d'athlétisme et une salle sport- spectacle au nord*

La municipalité propose la réalisation d'un stade répondant aux normes internationales, ce qui permettrait aux clubs d'athlétisme de disposer d'installations de pointe. Après avoir analysé les différentes alternatives, la municipalité propose aujourd'hui d'aménager le stade principal d'athlétisme au nord de la ville, sur le terrain de la Tuilière, (salle de sports et de spectacles) ainsi qu'un centre sportif.

L'organisation de l'espace urbain à Lausanne se redéfinit par des programmes sportifs qui rejoignent ceux de loisir (programmes complémentaires). La dynamique urbaine s'esquisse d'abord par la localisation d'un GEM, le grand stade sportif, et l'addition de programmes complémentaires (commerces, activités tertiaires, culturels, logements, etc.) au sud-ouest de la ville où le phénomène d'étalement urbain est observé. Puis, la délocalisation de l'ancien stade de la Blécherette permettra de nouvelles constructions de logements à l'emplacement de l'ancien site, proche du centre de Lausanne. Ces logements seraient complétés par le développement suburbain autour de l'infrastructure sportive. Ainsi, les stades en tant que GEM rempliraient leur rôle de connexion. (voir fig. 4.3.4.12)

olympique, création d'un écoquartier, développement des transports publics après la mise en service du m2, participation de la population », <http://www.lausanne.ch/view.asp?DomId=64768>

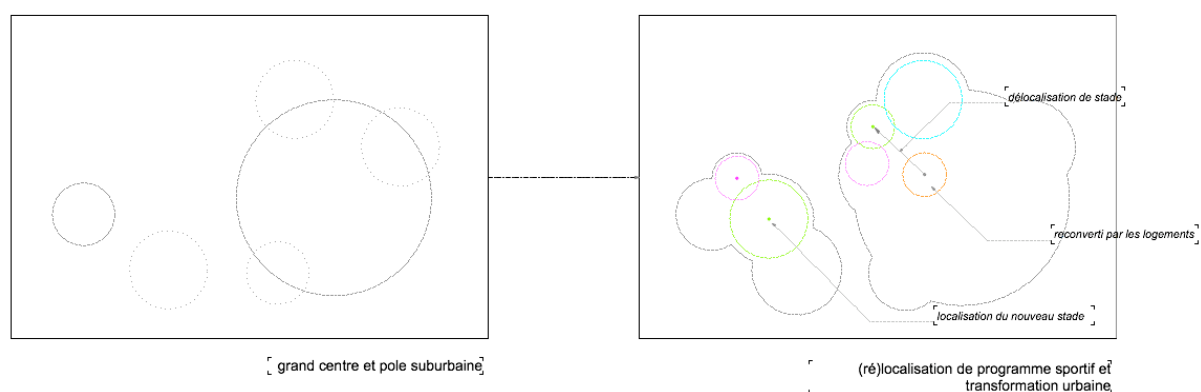


Fig.4.3.4.12 : diagramme schématique de (dé)localisation d'équipements sportifs et de transformation urbaine

“ Σ ” comme **Totalité, la métropole étalée et fragmentée mais continue**

La ville comme la disposition des systèmes urbains collectifs ou individuels mais plutôt l'ensemble en soi.

Dans l'aire urbaine, nous pouvons observer un grand ensemble d'éléments (entités, groupes, systèmes, milieux continus) qui continuellement se multiplient et se transforment. Sporadiquement un grand programme articule les milieux existants et une nouvelle forme de dynamique est engendrée. Cette dynamique conduit à réorganiser radicalement une zone instable. L'émergence d'un grand programme dans le milieu serait un élément important dans la dynamique urbaine de la métropole.

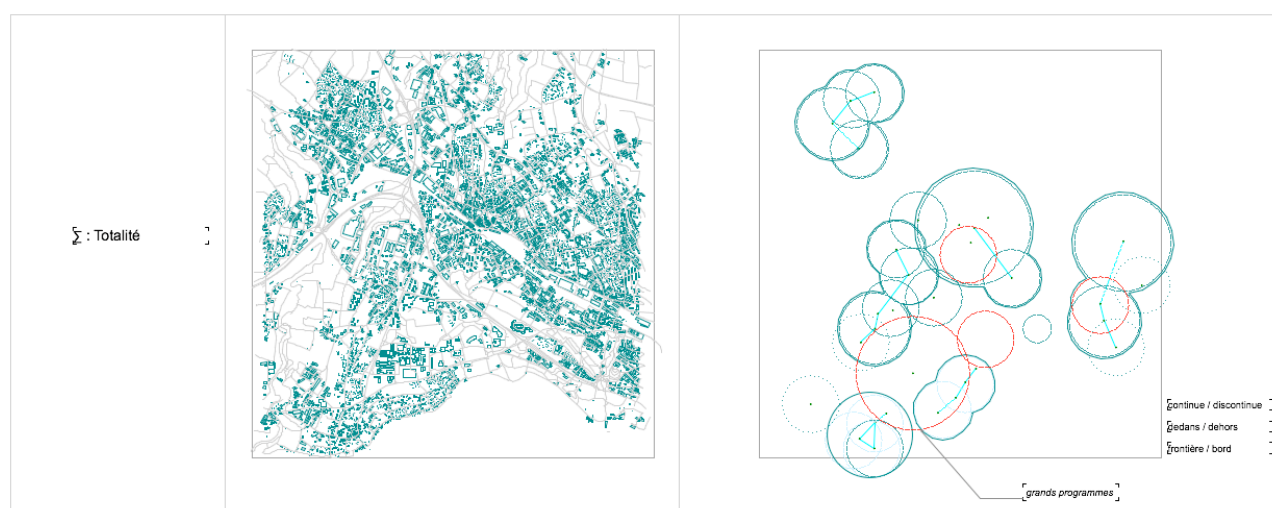


Fig.4.3.4.13 : Σ , totalité dans une cartographie régionale et une nouvelle représentation, " morphogénèse urbaine ",
indicateur : cercle en rouge - grand programme

Le chapitre de " Représentation dynamique ", présente tous les dynamiques urbaines depuis l'entité construites jusqu'au milieu urbain futur.

Perspective et discussion

Le développement durable a été depuis plusieurs années une ligne directrice forte dans tous les domaines scientifiques. Nous voyons que le lien entre le développement durable et la ville est très étroit. La question du développement durable concernant les échelles urbaines de la métropole est posée par de nombreux architectes, urbanistes et chercheurs.

Le mariage entre la notion de quartier ³⁵ et un bilan énergétique réduit produit l'«Eco-quartier.» Ce mouvement est en pleine effervescence dans l'aménagement du territoire. Par exemple, A Paris, à Genève, ou à Lausanne, des associations tentent de persuader les populations, les élus et les promoteurs de l'intérêt majeur des éco-quartiers. À une autre échelle, le projet, *Masdar city*³⁶ peut être compris comme une nouvelle ville idéale avec le slogan, " A Zero-Emissions City ".

Nous traitons ici de la durabilité de la ville en termes de l'organisation optimale des programmes interactifs. Le modèle du *milieu continu* est une échelle urbaine que nous proposons comme organisation spatiale alternative des zones dynamiques dans les périurbains des métropoles. C'est une mesure qui peut répondre autrement à la question de la proximité et de l'accessibilité aux programmes permettant les activités urbaines, collectives et variées.

Les bâtiments programmés interagissent les uns avec les autres et s'adaptent moyennant certains paramètres. Nous pourrions aussi volontairement perturber ou engendrer la propagation du milieu continu pour une meilleure intégration au contexte. Le *milieu continu* induit des mesures optimales, flexibles et opérationnelles.

L'introduction de la notion de *connectivité* liée à l'émergence des grands équipements dans des milieux urbains instables est expliquée. La (dé-)localisation de grands équipements métropolitains est un grand enjeu dans la l'organisation stratégique de l'aire urbaine d'aujourd'hui. La *gentrification* des communes centrales, l'agglomération des communes suburbaines ainsi que l'étalement des communes périphériques peuvent être radicalement affectés par l'emplacement de GEMs.

Ceci ne nécessite en aucun cas la (re-)création des monuments à la façon baroque le long des axes. L'établissement du GEM n'est pas une simple reconstruction de patrimoines perdus dans la ville. Il s'agit de la coordination programmatique basée sur les entités construites existantes. Les GEM interagissent avec les autres éléments urbains – groupes d'habitat, systèmes urbains, équipements etc. – ils peuvent connecter et induire de la dynamique ainsi qu'une meilleure performance des aires urbaines dynamiques.

³⁵ La qualité d'un quartier étant son l'accessibilité, la proximité et l'échelle humaine qu'il propose.

³⁶ « *Masdar City* is a planned city in Abu Dhabi, in the United Arab Emirates. It is being built by the Abu Dhabi Future Energy Company, a subsidiary of Mubadala Development Company, with the majority of seed capital provided by the government of Abu Dhabi.[1][2] Designed by the British architectural firm Foster + Partners, the city will rely entirely on solar energy and other renewable energy sources, with a sustainable, zero-carbon, zero-waste ecology. The city is being constructed 17 kilometres (11 mi) east-south-east of the city of Abu Dhabi, beside Abu Dhabi International Airport », http://en.wikipedia.org/wiki/Masdar_City

4.4 Etude sur l'optimisation : les géométries optimales et la symétrie

Dans le processus de morphogenèse urbaine, la ville maintient sa structure évolutive. Elle subit des transformations progressives ou radicales, et les formes qu'elle prend obéissent à certains principes. La ville tend ainsi vers une continuelle amélioration d'elle-même.

Nous estimons que la notion de dynamique implique la reproduction et transformation symétrique de groupes et de systèmes. L'ensemble des composants autour des ressources et contraintes subissent une réorganisation. Ainsi, nous supposons que ces dynamiques peuvent rejoindre la question de l'organisation optimale qui explique comment la ville complexe peut atteindre la meilleure performance possible dans un environnement donné.

En parlant de la forme d'organisation optimale basée sur la géométrie dans le projet d'architecture et d'urbanisme, le Prof. Berger a bien introduit certaines propriétés principales : le minimum de matière de construction, la meilleure distribution/disposition des éléments et la bonne intégration avec l'environnement.¹

Un des objectifs du chapitre est de présenter premièrement trois optimisations d'organisation urbaine liées avec des notions de symétrie. En admettant que la symétrie est un mot-clef pour élaborer l'organisation de la ville, nous espérons que certains éléments du chapitre pourront être discutés et approfondis dans de futurs champs de recherche urbaine.

4.4.1 " Pattern formation " : lois simples, apparition de " pattern " et forme optimale

Nous trouverons dans toutes les échelles de la ville complexe des régularités sous forme de *pattern*. Premièrement, dans le groupe d'habitat un *pattern formation* est souvent apparent. Ces groupes d'habitat se retrouvent parfois eux aussi dans un arrangement de pattern à une autre échelle. Les villes arabes en sont d'excellents exemples.

" pattern formation " de groupes d'habitat

Dans la mesure où la ville s'accroît, nous repérons l'apparition de certaines régularités définissant des formes d'organisation de groupes d'habitat. Ces régularités se traduisent par des lois

¹ « Le principe d'économie propre à la nature, économie d'efforts, économie de matière, détermine les formes géométriques. Il explique par exemple la constance de la symétrie, au sens géométrique, c'est-à-dire où toutes les figures même complexes ont en commun un invariant. L'architecture de toute chose est la figure géométrique sous-jacente au phénomène physique qui l'a produite », Patrick Berger, Leçon inaugurale de l'école de Chaillot, 2005

simples telles que la complétude, l'extension, la densification et la dissociation dans le processus de croissance. (vu dans le chapitre de groupes d'habitat.)

Analysons trois patterns représentatifs, qui sont interprétés et représenté de façon simplifié, dans trois communes – Bussigny, Ecublens et St-Sulpice - de l'Ouest lausannois. Les configurations d'organisation locales par la disposition des logements montrent certains arrangements réguliers. Ces arrangements semblent suivre une organisation symétrique. En réalité, ces *patterns* sont la conséquence de plusieurs facteurs contextuels – l'orientation, le pente, la vue, la disposition de la rue et de la nature, etc. qui peuvent être résumés par la ressource, la limite et la proximité.

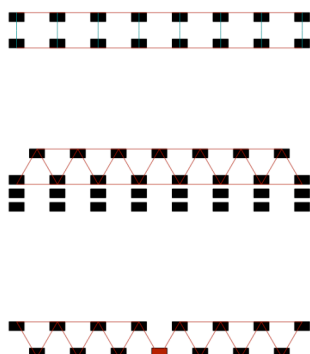


Fig. 4.4.1.1 : trois « patterns » représentatifs dans les 3 communes – Bussigny, Ecublens et St-Sulpice, observés et représentés par J-J. Park

Pattern dans les différentes échelles

Reprenons la ville de Fez au Maroc pour expliquer la présence des *patterns* et la complexification d'organisation par de simples principes à travers les échelles. Nous introduisons le principe de groupement et de géométrisation basée sur le *pattern* de bifurcation.

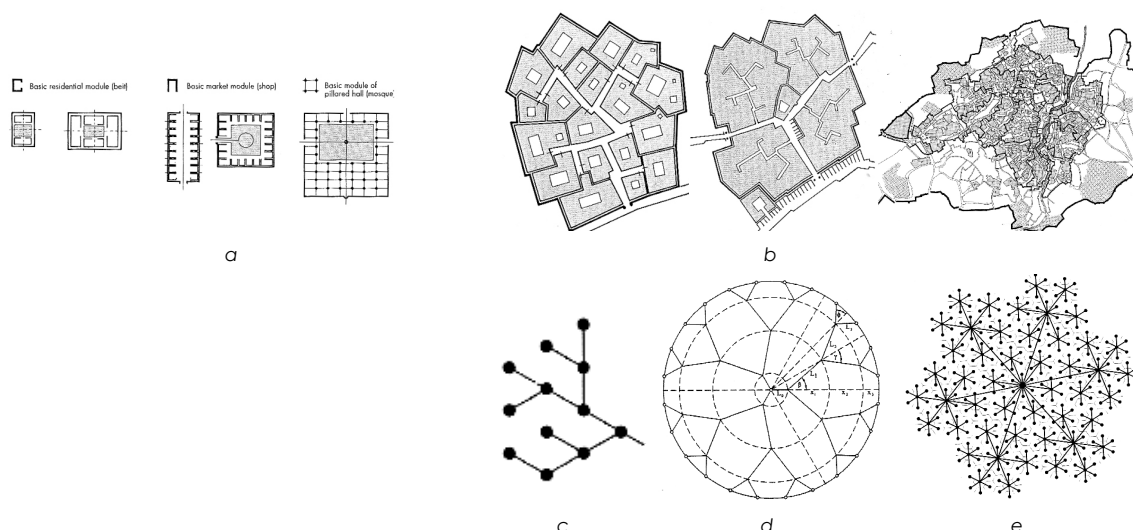


Fig. 4.4.1.2 : la ville de Fez, Maroc et le pattern de bifurcation dans les différentes échelles

a,b : extrait de Bianca Stefano, *ibid*, 2000, pp.153-154

c,e : extraite de CARBONNE A., GROMOV M. et PRUSINKIEWICZ P., *Pattern formation in biology, vision and dynamics*, 1999, p.4

d : extraite de Bejan A. et Lorente S., *Constructal tree-shaped flow structures*, 2000, p.759

La forme de Fez s'explique par la bifurcation en " Y " qui se répète et se transforme par lois de symétrie telles que la rotation et l'homothétie. La forme locale et globale se distribue en cascade depuis le centre vers l'extérieur en prenant un angle de rotation et un diamètre de branchement. Il s'agit de l'optimisation de l'organisation.

Le *pattern* est la forme complexe organisée qui peut être créée par des simples lois de physique². Toutes les créations de l'homme et de la nature peuvent être visualisées comme formes observables par les lois mathématiques de similitude, symétrie et de géométrie.³

Prenons l'exemple du " pm ", wall paper patterns ci-dessous. L'élément triangulaire se répète et applique la symétrie par réflexion et translation. Selon l'opération symétrique complexe, nous apercevons les différentes formes et espaces recomposés.



Fig. 4.4.1.3 : Wall papers produits par lois de symétrie, image extraite de Dravas, *Symmetry*, 2007, p.90

Dans cette recherche, nous n'aboutirons pas aux lois de mathématiques et aux formules pour décrire le *pattern formation* de la ville mais nous en retenons quelques caractères essentiels ;

- **Processus**
- **Lois simples mais forme complexe et dynamique**
- **Lois de symétrie et optimisation**

Ces caractères du *pattern formation* présentent différents avantages puisque la symétrie aide à former des organisations de qualité. Si on peut maîtriser la forme d'organisation locale avec qualité, on obtient effectivement une forme globale avec une meilleure performance à l'échelle supérieure. Il est à noter que la forme d'organisation symétrique s'adapte au contexte en obtenant la meilleure performance.

Notre recherche se penche en particulier sur ces caractères d'organisation dans le milieu urbain. De plus, la mathématisation des *patterns* appliqués à l'urbanisme pourra devenir un champ de recherche important pour analyser la forme évolutive de la ville et pour la simulation urbaine. Cette simulation urbaine pourra mieux nous expliquer le processus de développement de la ville.

² Par exemple, dans les plupart des monuments du monde arabe on retrouve des murs décorés de façon complexe. Désormais, on peut extraire les motifs tels que l'hexagone, le bowtie, le losange etc. Ces motifs se composent et constituent les *pattern* qui apparaissent. Le *pattern* se répète par différentes opérations mathématiques et abouti en une forme d'organisation globale.

³ All of creations of man and nature are viewed as forms observable through mathematical laws of similitude, symmetry and geometry, ARDALAN Nader et BAKHTIER Laleh, *The sense of unity : The Sufi tradition in Persian architecture*,

Nous présentons le processus d'élément à la forme globale dans le diagramme ci-dessous (Voir fig. 4.4.1.4). Certaines géométries dans le processus se répètent et se transforment afin d'aboutir à une forme globale. Cette forme globale sera probablement plus optimale en passant par l'étape de pattern formation et la transformation symétrique.

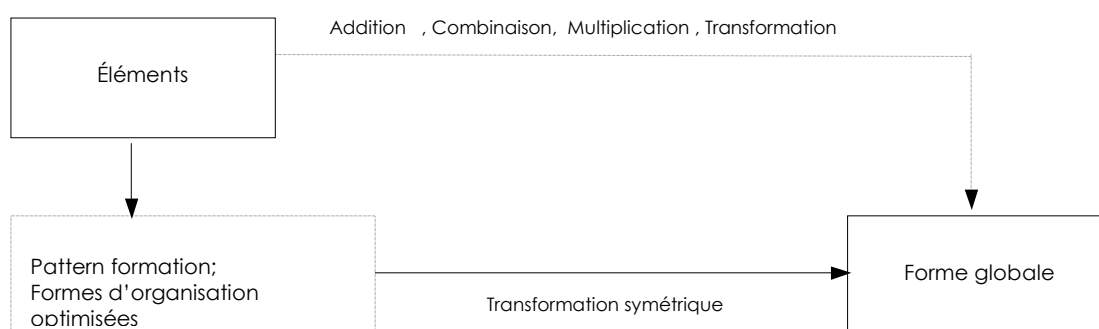


Fig. 4.4.1.4 : Le passage entre " Éléments-Groupes-Forme globale "

Nous supposons que la forme de la ville malgré son extrême complexité peut représentée de façon abstraite par des formes géométriques régulières et groupées. Ces formes peuvent être lues par les lois mathématiques telles la symétrie. Ceci sera le moteur de concrétisation de la morphogenèse urbaine.

4.4.2 " Équidistance et loi de puissance "

Le polygone régulier, défini par l'équidistance entre le point central et les sommets, et les fractales définies par une ramification partant d'une ligne, sont des formes géométriques basées sur les notions d'" équidistance " et de " loi de puissance ".

La ville peut-elle aussi se caractériser par l'équidistance et la loi de croissance ?

Dans la ville, nous retrouvons aussi des géométries régies par l'équidistance et la loi de puissance, démontrant une quête d'optimisation. Plus précisément, l'équidistance et la loi de croissance peuvent s'appliquer au groupe d'habitat et aux systèmes urbains par symétrie en vue d'une optimisation.

- Équidistance : $d_n = d_m$

Nous avons abordé l'équidistance liée au processus de croissance dans le chapitre du " groupe invariant ". Les quatre lois de morphogenèse : la complétude, l'extension, la densification et la dissociation, démontre une certaine régularité dans la croissance des groupes d'habitat. La régularité se traduit par l'équidistance entre les composants du groupe d'habitat. Cette notion d'équidistance servira également au " *pattern formation* " et pourrait nous permettre de prévoir l'emplacement de futurs logements.



Fig. 4.4.2.1 : croissance d'un groupe d'habitat selon l'équidistance à Chavannes

Nous présentons ci-dessous le cas spécifique de la commune de Chavannes. Nous percevons tout d'abord deux groupes de maisons pavillonnaires le long d'un même axe avec un espace vide entre les deux. Par la suite, ces groupes se complètent par l'addition d'une nouvelle maison dans le vide, devenant ainsi un plus grand groupe. Ici s'applique la loi de translation ($x \mapsto x + x_0$, $(x, y) \mapsto (x + x_0, y + y_0)$) qui est une forme de croissance optimale de groupe. La meilleure localisation pour une nouvelle maison dépend de l'interaction entre les composants du groupe dans un contexte particulier. L'équidistance sera donc une notion simple de base pour la simulation de croissance urbaine au niveau du groupe d'habitat.

- loi de puissance : $d_n = d_0^{(1/k)^n}$

La loi de puissance, qui représente la proportion métabolique⁴ d'un organisme vivant, est décrite en biologie. Elle se représente par la formule mathématique, $Y=Y_0M^b$. Les organismes évoluent vers un état optimal dans lequel l'énergie exigée pour la distribution de ressources est réduite au minimum. Ainsi, la loi de puissance à la base est étroitement liée à la distribution optimale. (voir aussi *Theorie de lois de puissance en urbanisme*)

La distance entre les systèmes urbains de notre recherche peut être définie par la loi d'équidistance et la loi de puissance. L'on retrouve une régularité et une distance cadencée.

⁴ In biology the scaling observed is typically a simple power law: $Y=Y_0M^b$, where Y is some observable magnitude, Y_0 a constant, and M the mass of the organism. The exponent b usually approximates a simple multiple of $1/4$. Among the many fundamental variables that obey such scaling laws are metabolic rate, life span, heart rate, lengths of aortas and genomes, tree height, mass of cerebral grey matter, and others.

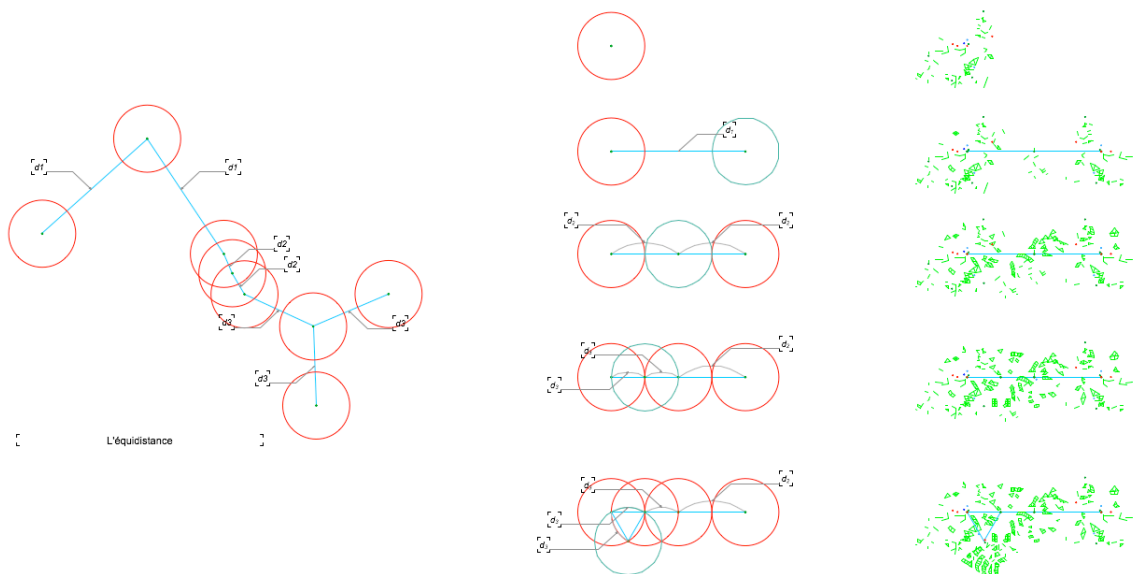


Fig. 4.4.2.2 : équidistance et loi de puissance basée sur la distance régulière et cadencée

Bien que nous observions des distances régulières (l'équidistance : d_1 , d_2 , d_3) entre les systèmes dans la première colonne du dessin ci-dessus, les systèmes urbains se reproduisent et se multiplient par la distance cadencée à différents temps, dans le deuxième colonne. Ceci correspond aux étapes de densification comme le démontre la troisième colonne de morphogenèse urbaine.

Nous pouvons en déduire une nouvelle notion de distance à travers la distance régulière et cadencée dans la représentation de morphogenèse urbaine. Les composantes seraient l'équidistance, $d_a = d_b$ et l'autre la distance cadencée, $d = d_a M^b$. Les deux simples lois mathématiques basées sur le concept de symétrie peuvent être appliquées pour une organisation croissante d'éléments optimale. Par contre, une analyse statistique précise sera nécessaire à l'avenir pour prouver ces lois et trouver la valeur de b qui définit la proportion métabolique de croissance.

4.4.3 “ Contrainte / Ressource “ : adaptation progressive du système à l'environnement

Dans la nature et même dans les systèmes inanimés, nous retrouvons partout des géométries optimisées telles que les systèmes d'écoulement, les architectures animales etc.⁵ Nous supposons que la ville s'adapte en cherchant sa forme géométrique afin d'obtenir une meilleure performance globale pour faire face aux contraintes locales et globales.

Ainsi, nous établirons les 3 étapes pour l'amélioration de la performance du système ;

- Identifier le principe qui définit la forme géométrique de l'organisme

⁵ I show that geometric form (shape and structure) springs out of the struggle for better global performance (objective, purpose) subject to global and local constraints. Geometric form is deducible from principle. Optimized geometries such as the tree-shaped flows, the round tubes, and the river cross sections emerge not only in our minds and on our worktables but also in nature, in all flow systems, animated and inanimate, BESAN A., *ibid*, 2000, p.15

- Trouver et appliquer les contraintes
- Élaborer la forme géométrique qui s'adapte

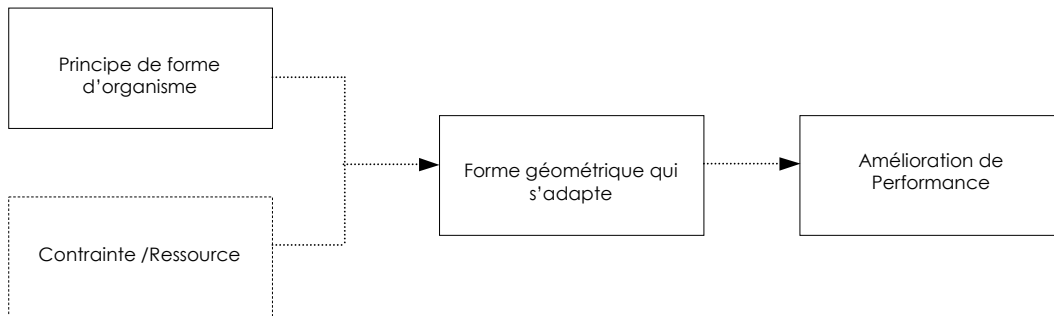


Fig. 4.4.3.1 : les étapes d'amélioration de la performance du système

Par la suite, nous allons expliquer plus précisément les contraintes de la ville basées sur la notion de "better".

Nous parlons de trois contraintes principales telles que **l'économie, la vue et la perturbation**, qui peuvent facilement influencer et induire une forme géométrique optimale de l'état urbain. Nous présenterons des exemples représentatifs d'un point de vue d'organisation spatiale. **Les contraintes supposées ici sont arbitraires et pourront à l'avenir être plus précisément définies.**

- Économie

L'organisation du système de la ville peut être représentée schématiquement comme le montre l'image ci-dessous. Le géographe P. Claval explique que les cas B1, B2 sont plus avantageux que A. B2 se distingue par un coût d'exploitation plus faible que A. Puis, il s'avère que C1 et C2 ont des coûts encore moindres que les cas B.

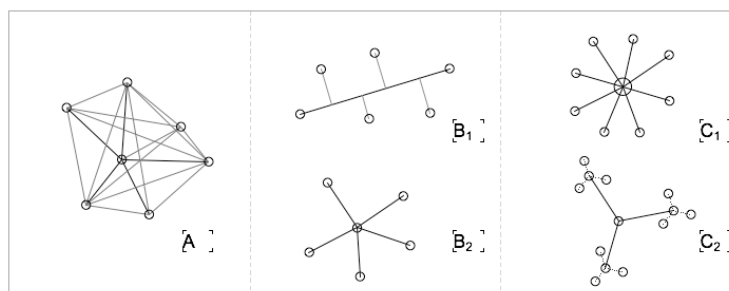


Fig. 4.4.3.2 : formes d'organisation économiques

Pour optimiser l'économie d'organisation d'un système dans tous les domaines, les trois points suivants sont essentiels :

- temps de parcours minimum
- coût minimum
- revenu maximum

En considérant les systèmes les plus économiques (B2, C1,C2) et ces trois principes, nous pouvons illustrer la théorie de la meilleure localisation d' Alain SCHÄRLIG en utilisant la loi mathématique basée sur les minimum F(frais totaux). En théorie, cette loi permet de localiser le meilleur endroit pour une usine en considérant le produit, le coût de transport et la distance. " ? " est le point d'équilibre entre P1 - P7 dans le dessin ci-dessous.

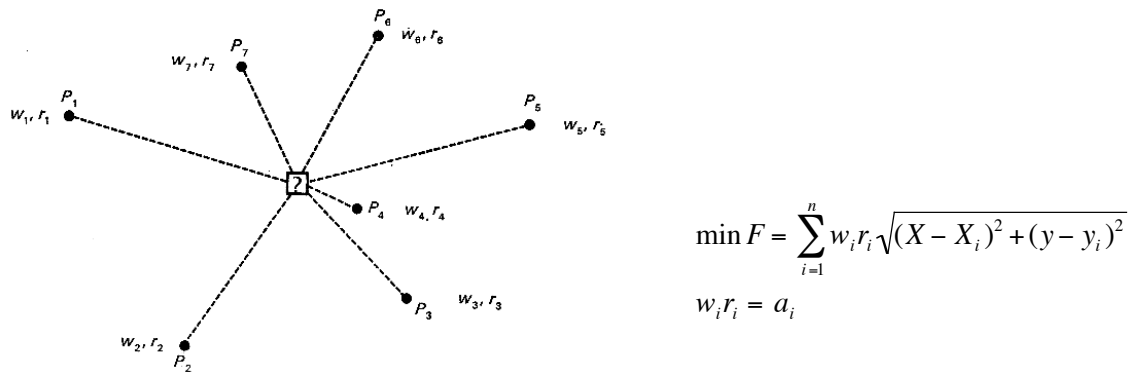


Fig. 4.4.3.3 : localisation du meilleur endroit, F : frais, w : produit de poids à transporter, r : le tarif (coût du transport)

La généralité de cette présentation permet aussi d'envisager que plusieurs éléments différents - inputs ou outputs- proviennent d'un même endroit où soient livrés à une même place, tout en étant soumis à des tarifs de transport différents. Si l'usine à localiser achète par exemple métal en lingots et des emballages dans une certaine ville, où par ailleurs elle livre des outils, cette ville sera prise en compte comme trois points, avec des x_i et y_i pareils les trois fois, mais avec des w_i et r_i différents, correspondant respectivement au métal, aux emballages, et aux outils.⁶ En conséquence, la valeur " a_i " est importante pour l'optimisation basée sur la notion d'économie.

Ce schéma aide donc au calcul du centre dynamique de système urbain autour d'équipements collectifs dans notre recherche. La notion d'économie se base sur le point d'équilibre qui se repositionne constamment entre les composants. Ainsi, le développement et l'application de lois mathématiques telles que la moyenne pondérée, sont essentiels pour obtenir une organisation optimale de l'état urbain basée sur la notion d'économie.

- Vue

La vue que l'on a depuis les bâtiments représente une nouvelle valeur importante dans la ville contemporaine en hausse de densité. On cherche un maximum de dégagement d'espace ou de hauteur pour avoir une vue meilleure, même si cela coûte plus cher. En Suisse, on observe notamment la transformation radicale de vignes en zone de logements, sauf dans les zones protégées patrimoniales, car la pente du terrain permet d'obtenir une vue dégagée et une meilleure orientation.

Trois caractéristiques différencient la géométrie d'organisation optimale;

⁶ SCHÄRLIG Alain, Où construire l'usine ?, p.38

- question de visibilité (vers l'attracteur)
- question de sécurité (voir sans être vu)
- question de densité (faible ou élevée)

Le premier est un attracteur, une ressource importante. Par exemple, au bord de lac Léman, nous identifions les " contraintes / ressources " essentiels tels que le lac, l'axe de distribution et la pente qui influencent l'emplacement des logements. Une simple géométrie basée sur la visibilité vers l'attracteur peut être établie (ci-dessous). Les logements se décalent naturellement pour maximiser les vues entre les voisins. Ainsi, la contrainte de vue produit une forme d'organisation en zig-zag le long d'une ligne. La différente configuration du réseau et la pente du terrain modifient légèrement cette forme en zig-zag pour s'adapter à l'environnement.



Fig. 4.4.3.4 : forme recherchant l'économie par une forme en zig-zag pour augmenter la qualité de vue.

Dans la recherche de Morphogenèse, les chercheurs de l'UTA ont appliqué ce principe géométrique à la simulation urbaine. Dans une seconde recherche en collaboration avec le laboratoire LaSIG, en utilisant la technologie LIDAR, l'UTA a pu illustrer la visibilité du lac depuis les bâtiments ciblés. (voir aussi le rapport de Morphogenèse de la métropole, pp.121-122)

• Perturbation

L'effet de perturbation déstabilise facilement les systèmes d'organisation. Par contre la perturbation est en même temps une étape dynamique qui demande à l'organisme d'évoluer pour s'adapter à la transformation radicale. Regardons un simple exemple dans la nature ! L'insecte marque naturellement son chemin de tunnels en s'alimentant et avançant. La limite est configurée par les nervures de feuille et l'insecte les suit ainsi s'adaptant à la structure de la feuille. Ceci peut se retraduire par un mouvement de l'agent recevant des signes de l'environnement.

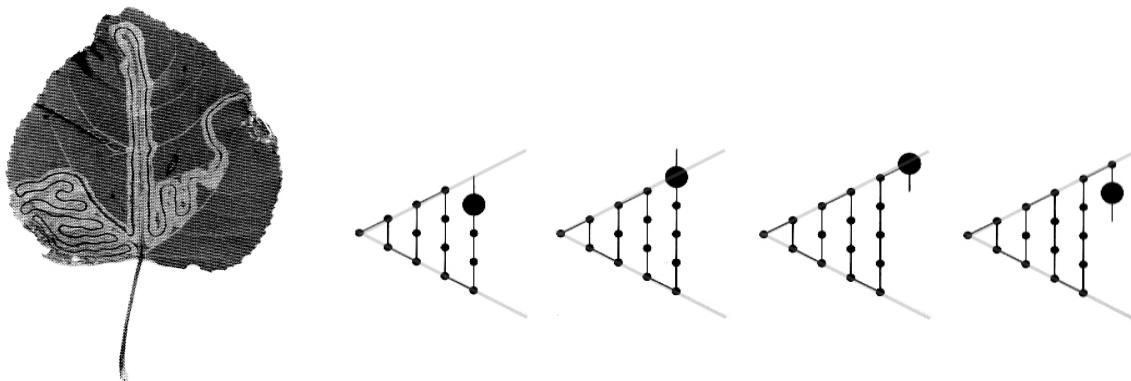


Fig. 4.4.3.5 : une feuille avec une configuration des tunnels créés par un insecte ; simple mouvement de l'agent recevant des signes de l'environnement, image extraite de CARBONNE A., GROMOV M. et PRUSINKIEWICZ P., *ibid*, 1999, p.9

On suppose que cette perturbation et adaptabilité peut se retrouver dans les grands projets urbains des métropoles lorsque l'on cherche un nouvel ordre dans l'environnement bâti et naturel.

Patrick Berger souligne que la localisation d'un programme aux milieux urbains est déjà un acte de perturbation importante. Et voici les autres trois types d'éléments de perturbation urbaine que nous introduisons ci-dessous ;

- Infrastructure: l'autoroute, les chemins de fer etc.
- Zone réservée ou patrimoniale protégée : *ceinture ou coulée verte*
- Catastrophe : l'incendie, l'inondation, le tremblement de terre etc.

Par exemple, l'apparition d'infrastructure dans le milieu urbain provoque la disposition radicale des éléments urbains. Ci-dessous sont représentées les différentes géométries d'organisation selon la présence de l'infrastructure tels les réseaux routiers. Nous pouvons observer la frontière créée par l'infrastructure et les systèmes qui se propagent différemment ;

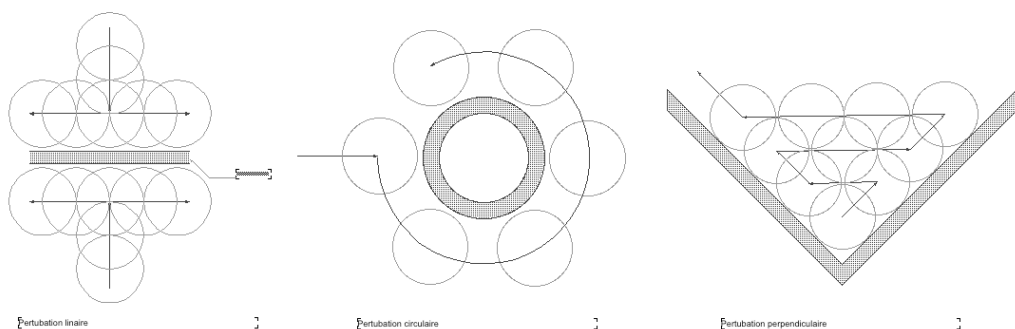


Fig. 4.4.3.5 : 3 La présence d'infrastructures en tant que perturbateur peut engendrer la propagation des systèmes

Créer la frontière comme dans les images ci-dessus n'est pas un simple acte qui divise des zones mais aussi un acte volontaire qui dynamise et propage radicalement des éléments urbains suivant une logique simple. Par exemple, l'emplacement des infrastructures tels que l'autoroute et le cours d'eau donne des nouvelles limites et peut changer radicalement le milieu urbain provoquant une nouvelle forme d'organisation.

Ainsi, l'introduction d'un élément de perturbation peut être une sorte d'optimisation radicale à la recherche de l'équilibre de la ville. L'application de la notion de perturbation sur la planification stratégique pourrait être un thème à développer dans la recherche de morphogenèse urbaine.



Fig. 4.4.3.6 : le milieu urbain développé entre deux infrastructures, l'autoroute et le cours d'eau, Séoul en Corée du Sud, photos extraites de www.filmkorea.kr

Perspective et discussion

La structure d'organisation spatiale dans la nature est le résultat d'un processus global d'optimisation faisant face aux contraintes globales et locales de l'environnement.

En architecture et en urbanisme, nous avons déduit trois propriétés d'optimisation : le minimum de matière de construction, la meilleure distribution/disposition des éléments et l'intégration avec l'environnement.

L'optimisation n'a pas comme finalité la forme répétitive ou la symétrie parfaite, mais cherche une configuration de base adaptable comme une forme symétrique vivante.

Les architectes et les urbanistes ont largement décrit la forme globale et la forme locale définitive. Nous proposons que la forme de la ville soit réexaminée du point de vue d'optimisation à travers les échelles. Il s'avère que les études sur la formation et l'évolution de forme d'organisation sont non seulement pertinentes d'un point de vue théorique, mais aussi capables d'être appliquées afin d'améliorer la condition de la ville, et de l'homme.

La perspective qui se présente nécessite les mathématiques pour pouvoir arriver à l'essence de la forme vivante. La mathématisation de *pattern formation* en urbanisme est ainsi un champ à développer à l'avenir.

1 2 3 4 5 6

5. Représentation dynamique

5.1 Scénario d'expérimentation en processus ascendant

Pour une nouvelle représentation, nous avons ainsi proposé un processus ascendant du point de vue de la complexité. Il commence par l'interaction entre les individus (entités construites) programmés, puis par l'apparition des groupes dynamiques tels que le groupe d'habitat, le système urbain et le milieu continu et, enfin, par l'émergence d'une forme globale. (voir fig. 5.1.1)

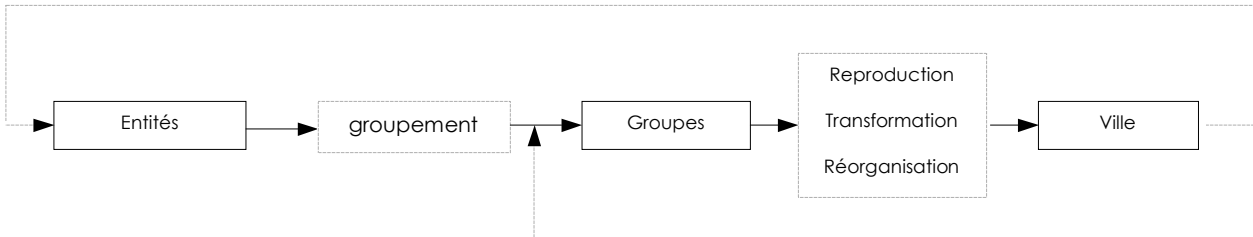


Figure.5.1.1 : processus ascendant selon l'individu, les groupes et la ville comme totalité

Le processus une fois établi, nous avons pu esquisser un scénario de la "représentation morphogénèse" comprenant les étapes suivantes ;

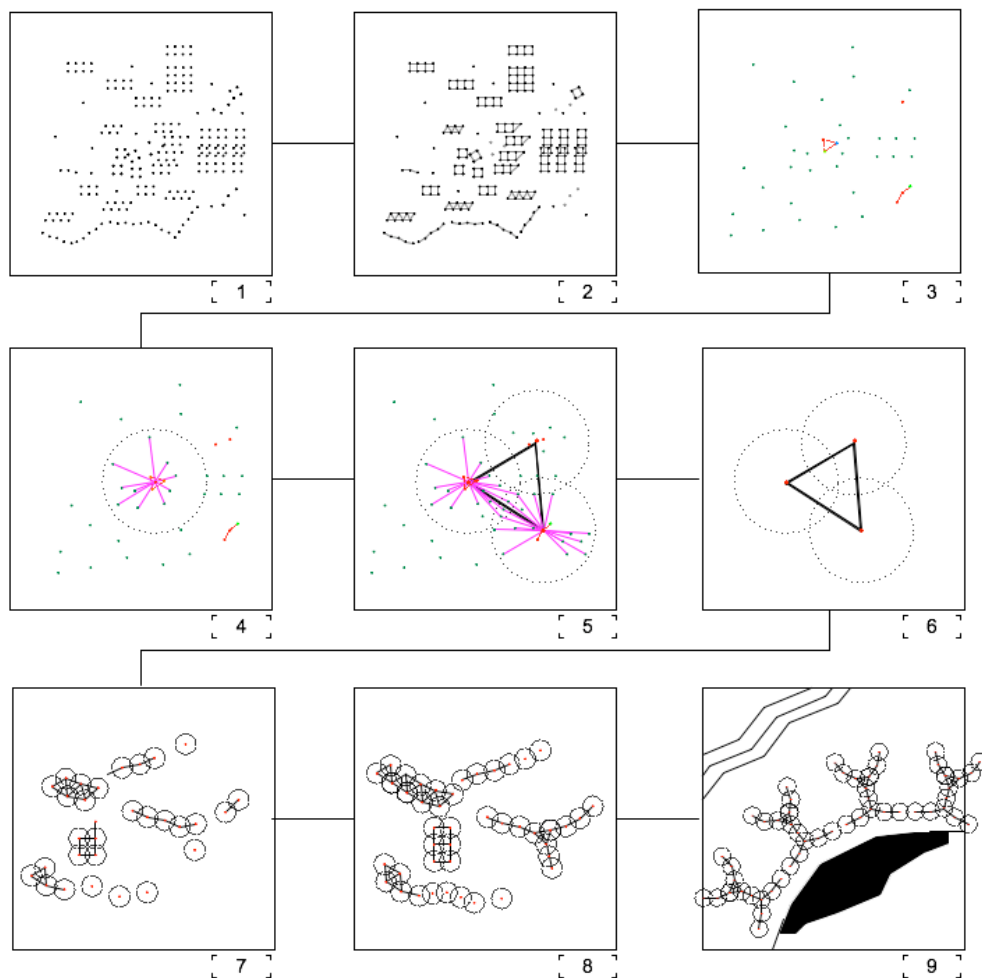
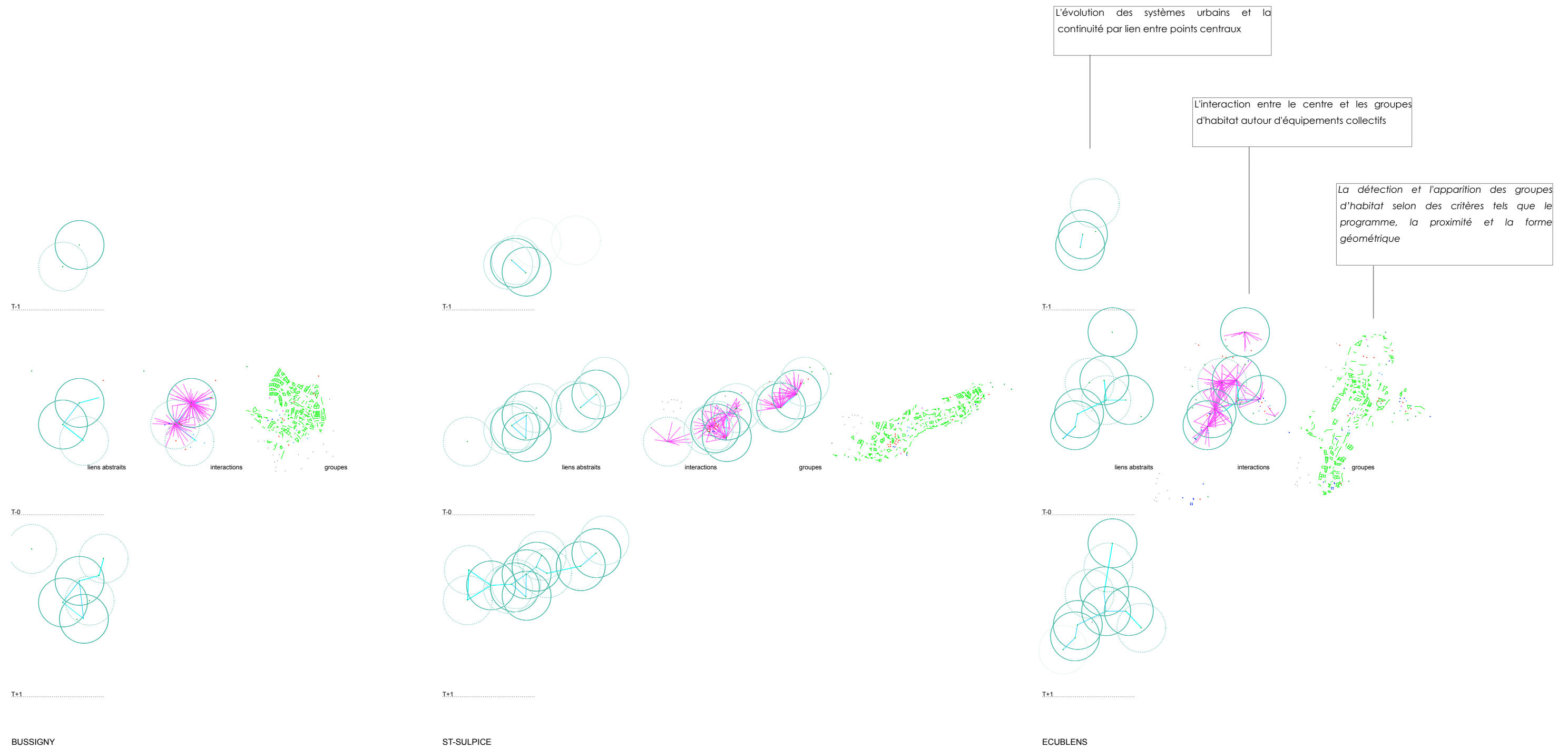


Figure. 5.1.2 : étapes du scénario de l'échelle locale à l'échelle globale

1. *Identification des bâtiments construits par le point abstrait représentant le centre de gravité de chaque individu.*
2. *Détection et apparition des groupes d'habitat selon des critères tels que le programme, la proximité et la forme géométrique*
3. *Abstraction et formation de groupes d'habitat et d'équipements*
4. *Apparition de systèmes urbains selon disposition des équipements, des groupes d'habitat*
5. *Interaction des systèmes urbains*
6. *Formation complète d'ensemble de systèmes et réapparition d'une forme géométrique simple de base*
7. *Identification des systèmes urbains continus et formation de milieux continus*
8. *Évolution de milieux continus*
9. *Forme globale de la métropole représentée*

Le prototype a été établi par le scénario à travers plusieurs échelles comme ci-dessus. Nous supposons que ce modèle peut apporter une représentation concrète de communes périphériques de la métropole lémanique. Ce prototype a été d'abord testé sur trois communes de l'Ouest Lausannois : Bussigny, St-Sulpice et Ecublens comme les images de la page suivante pour expliquer comment la morphologie urbaine peut être représentée par la nouvelle représentation morphogénèse.



5.2 Expérimentation dynamique & géométrique : l'Ouest lausannois vers la métropole lémanique

Nous illustrons la morphogenèse urbaine en termes de représentation dynamique et géométrique après le prototype. Nous résumons d'abord la multi-échelle avec les nouvelles notions et dynamiques. Cette illustration de la " multi-échelle " est la base de l'expérimentation.

Ensuite, nous visualisons l'état construit de l'Ouest lausannois et le traduisons en groupes, systèmes et milieux continus. La morphologie dynamique apparaît dans les différentes échelles et dans les différents temps.

La liste de illustration est suivante ;

- Formation et dynamique de la « multi-échelle » (p.173)
- Processus de représentation-morphogenèse sur l'Ouest lausannois (p.175)
- Transformation à l'échelle de groupe d'invariant et lois de morphogenèse (p.177)
- Évolution du système urbain et déplacement du centre urbain (p.179)
- Établissement de milieux continus et leurs dynamiques (contour mouvant) (p.181)
- Des systèmes urbains aux milieux continus au-delà de limite administrative, T-1, T0, T+1. (p.183)
- Différents modes de représentation (Vecteur 25/ Carte de stratégie schématique / Représentation Morphogenèse) (p.185)

Les dessins présentés ne sont pas issus d'une simulation automatique par l'ordinateur. Ils sont redessinés à l'aide d'un outil graphique.

La morphogenèse sert à comprendre les phénomènes urbains tels que la croissance, l'étalement et la fragmentation urbaine et à apporter une représentation concrète de zones périurbaines de la métropole actuelle.

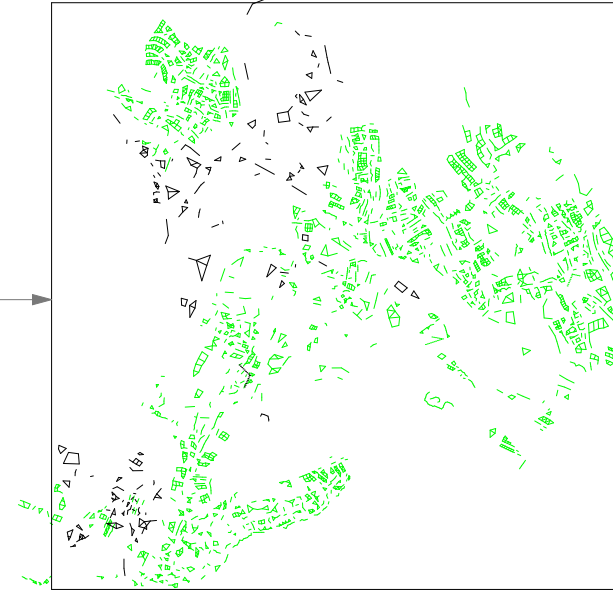


Environnement construit



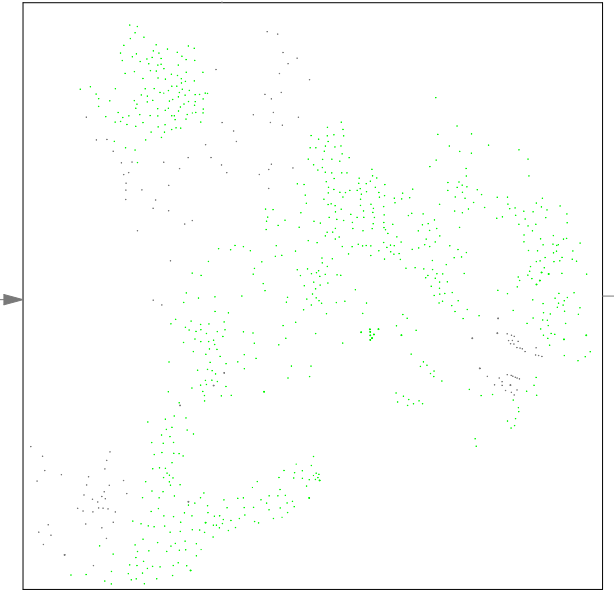
Bâtiments construits
l'apparition des entités construites selon l'élimination des infrastructures

* l'échelle d'entité construite

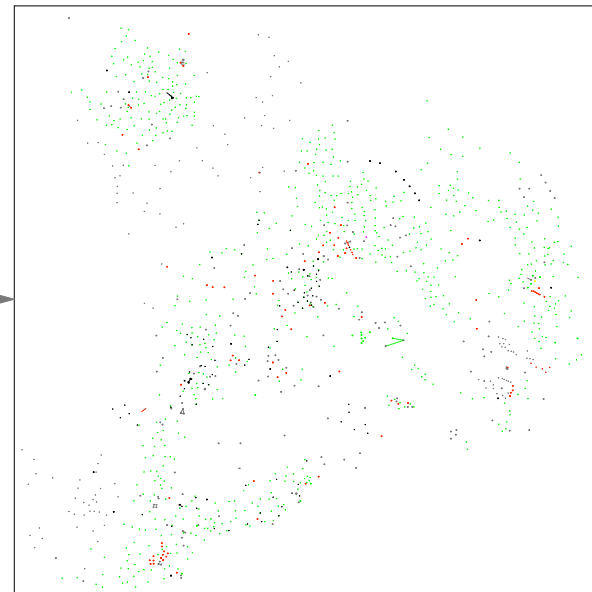


Groupes d'habitat & groupes d'activité
l'apparition des géométries élémentaires selon l'identification et la détection des groupes

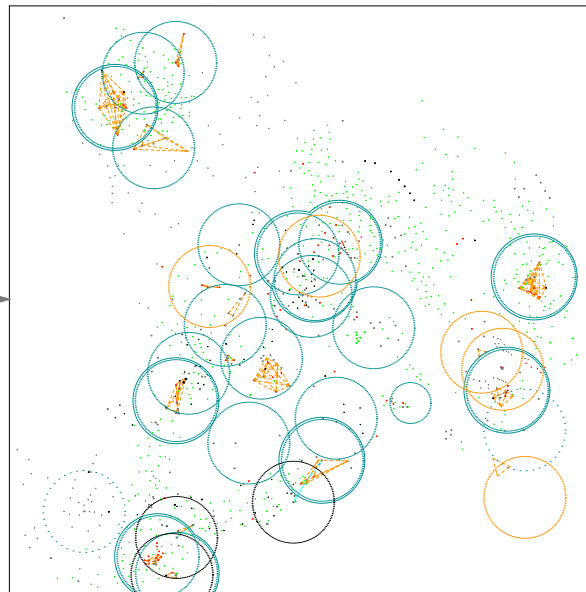
* l'échelle de groupe d'invariant



Groupes d'habitat & groupe d'activité simplifiés par des points
l'abstraction par les points

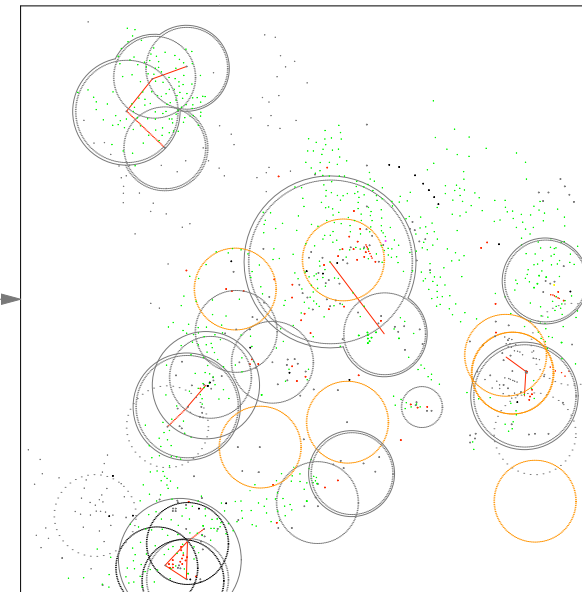


Apparition des équipements collectifs entre les groupes
l'apparition des points en diverses couleurs



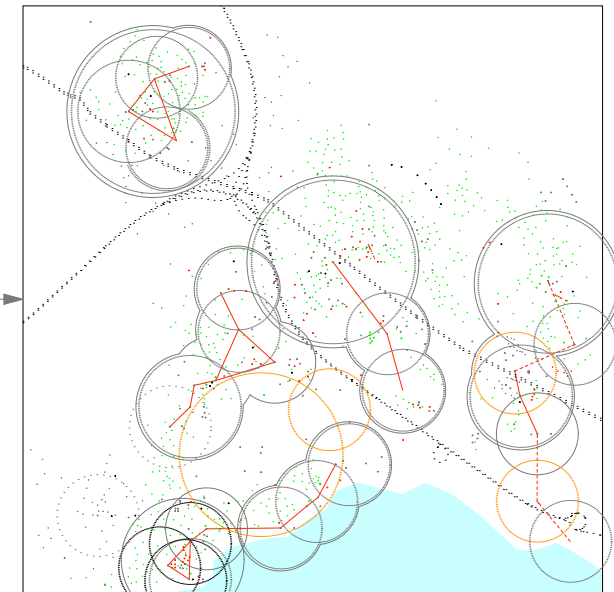
Centres urbains apparus
la formation des centres et des systèmes par l'interactions entre les groupes d'habitat, les équipements collectifs, les espaces publics

* l'échelle de système urbain



Milieux continus apparus
la formation et la déformation de l'ensemble des systèmes selon la continuité des systèmes

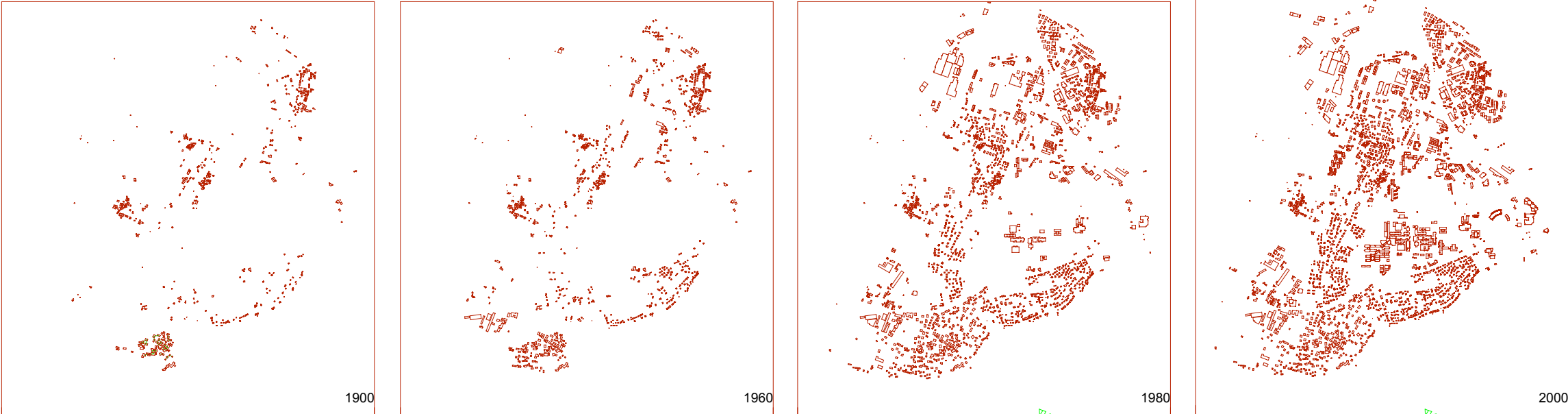
* l'échelle de milieu continu



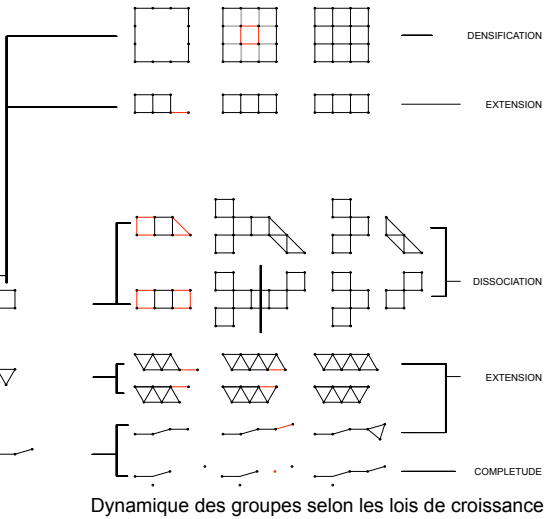
Validation & Transformation de Milieux continus, T +1
l'intégration de l'autoroute, des chemins de fer et du lac et une alternative probable

Processus de la représentation-morphogénèse sur "l'Ouest lausannois"

Croissance de bâtiments construits



Dynamique de groupes d'habitat et d'activité



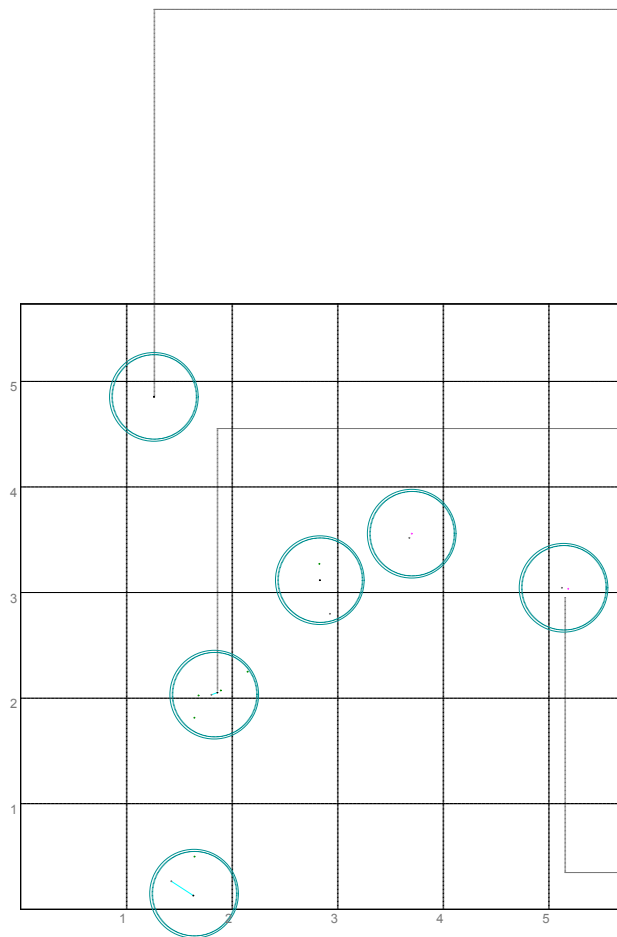
Croissance de bâtiments construits et transformation géométrique de groupe d'invariant

centre de commune avec l'église et leur place publique

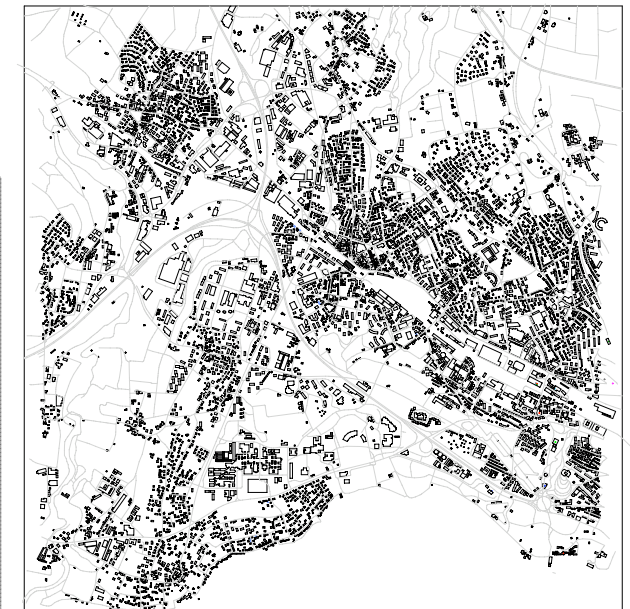
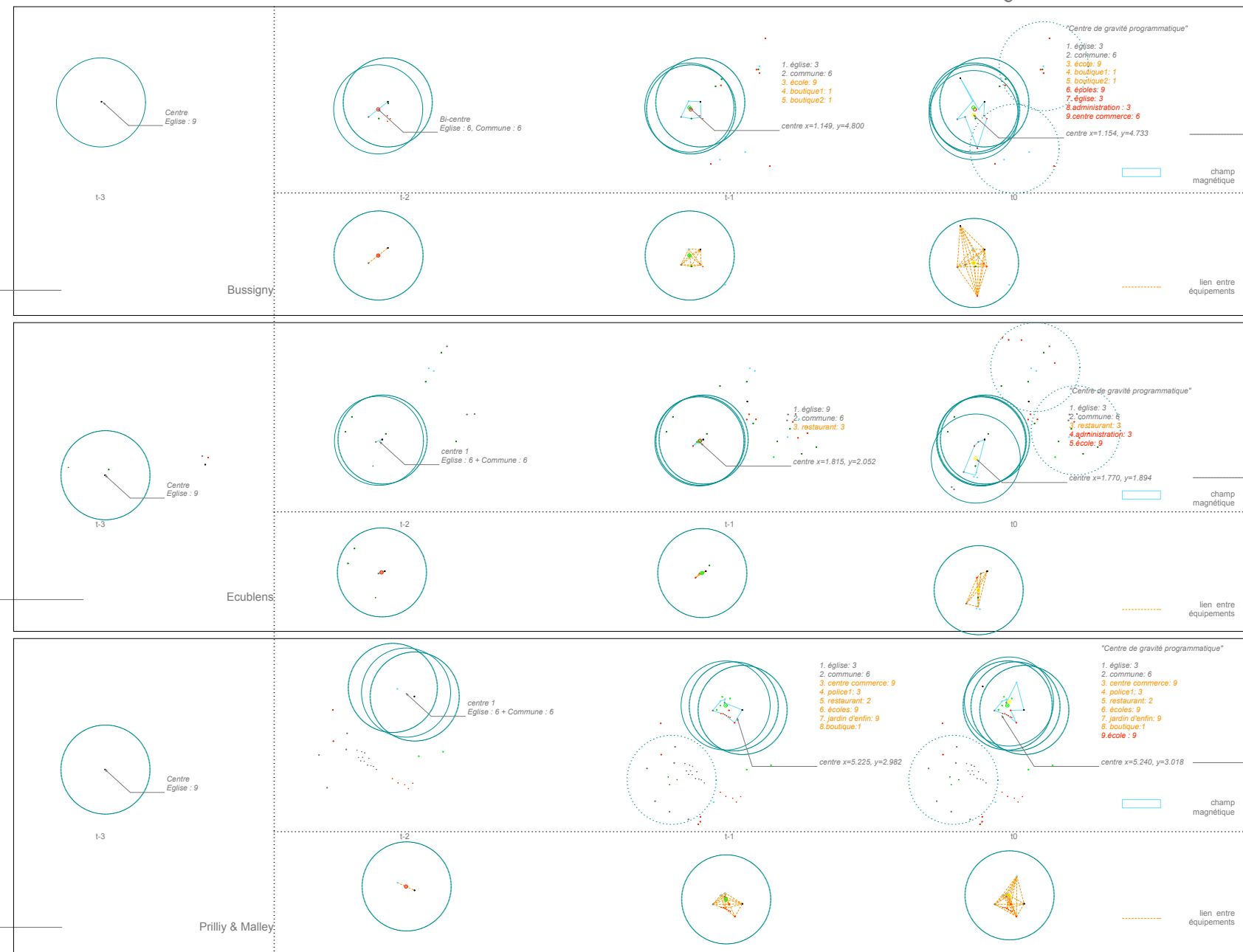
centre de commune entre les bâtiments symboliques

déplacement de centre dans un champ créé par les plusieurs équipements collectifs

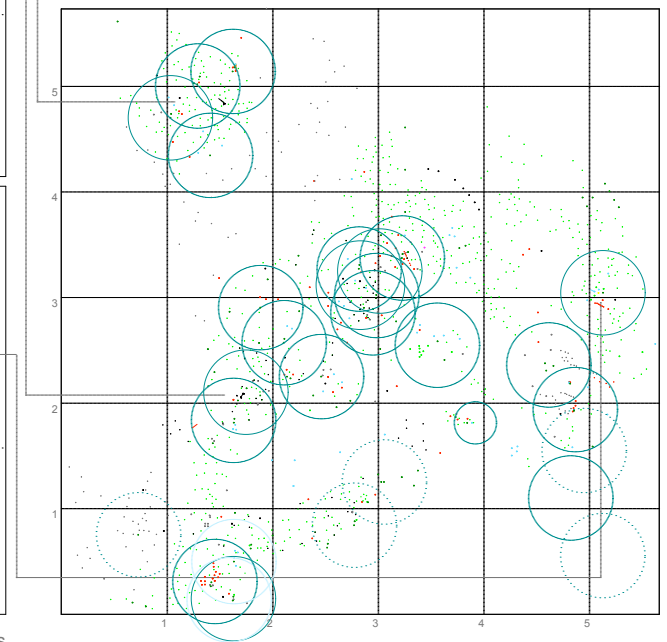
centre mouvant dans un champ complexe composé par plusieurs équipements collectifs et leurs valeurs évolutives



Système isolé : T -3



Etat construit, t 0



Système urbains d'aujourd'hui, t 0

Le champ magnétique du centre a été configuré à partir de diverses géométries d'un point au polygone complexe (◀→ →→ Δ→ ⇨ ◇→ ?). La présence de nombreux équipements et leurs valeurs changeant dans le temps engendrent la dynamique urbaine. Par conséquent, le déplacement du centre urbain à l'Ouest lausannois basé sur la notion du centre de gravité et de la moyenne pondérée a été représentée par le processus de la morphogénèse illustré ci-dessus.

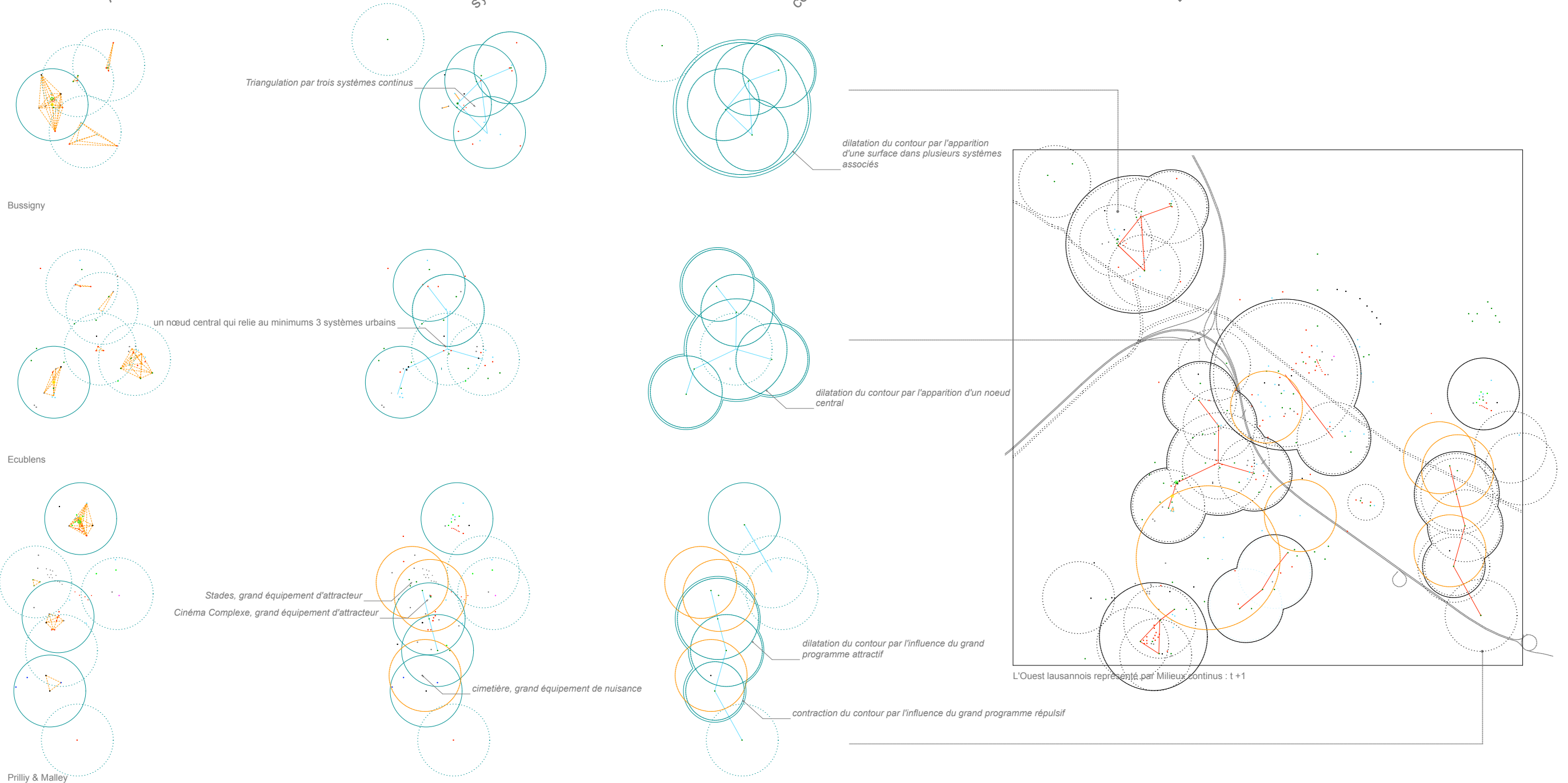
Evolution du système et déplacement du centre urbain

Apparition des systèmes urbains potentiels

Apparition du milieu continu par la continuité des systèmes

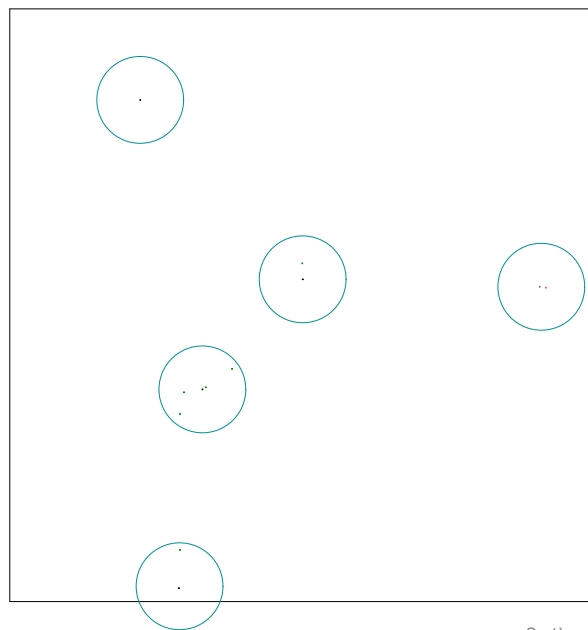
Dynamique du milieu continu selon des différentes configurations géométriques des systèmes

Ensemble de systèmes et de milieux continus

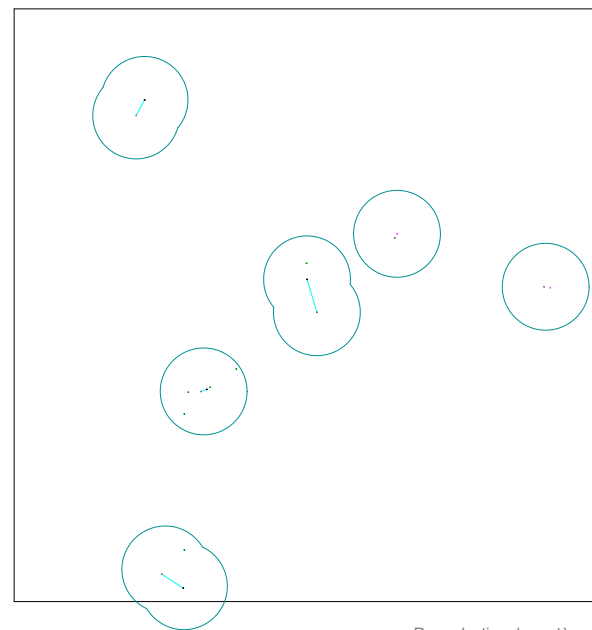


A cette échelle, nous proposons un concept de dynamique urbaine qui se caractérise par la continuité et par sa capacité d'élasticité. Les systèmes se mettent ensemble et le contour des systèmes, qui définit son champ d'influence, se dilate et se contracte. Cette métamorphose de systèmes peut être représentée de manière géométrique en indiquant les développements alternatifs pour la réorganisation des éléments tels les groupes d'habitat, d'activités, les équipements et les espaces publics.

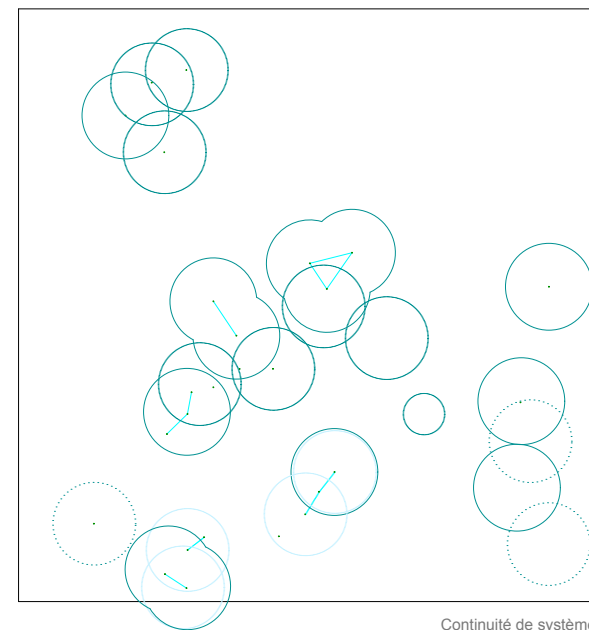
Etablissement de milieux continus et leurs dynamiques (Contour mouvant)



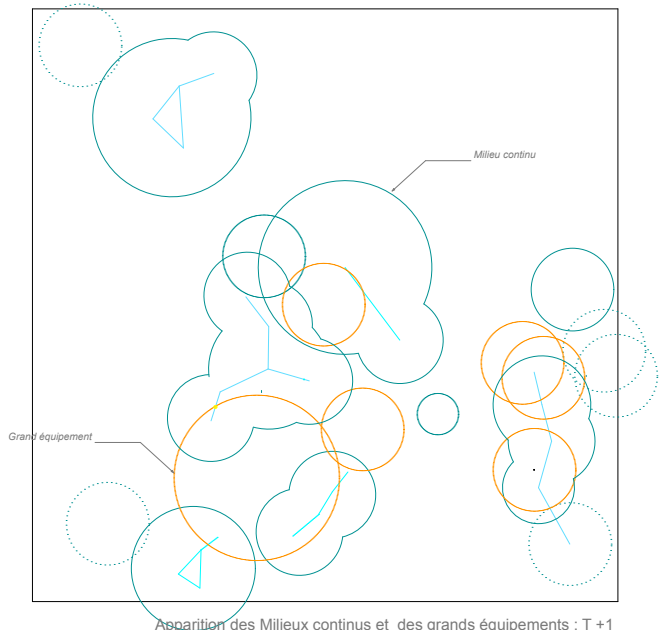
Systèmes



Reproduction de systèmes



Continuité de systèmes

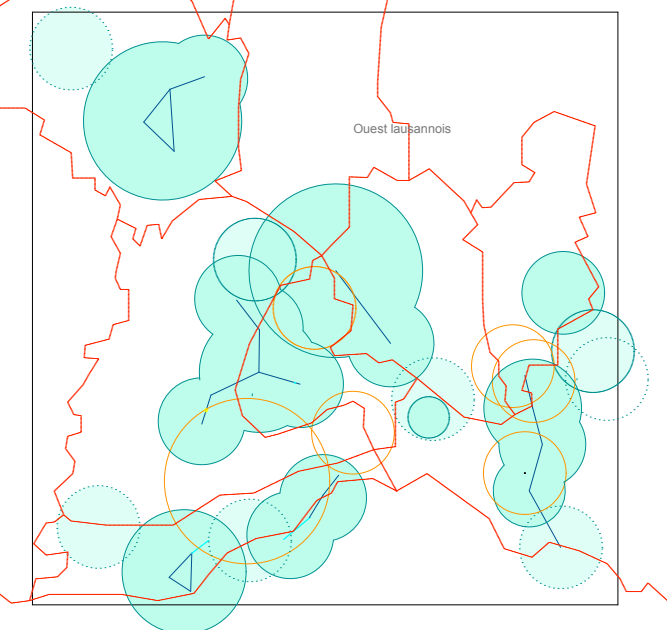
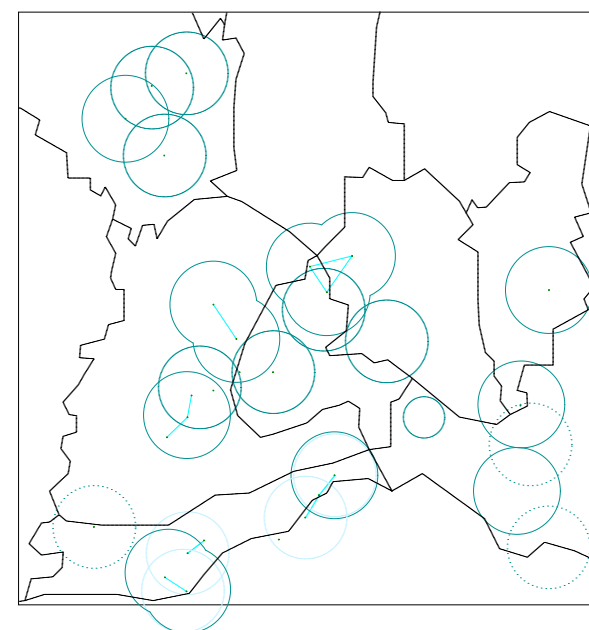
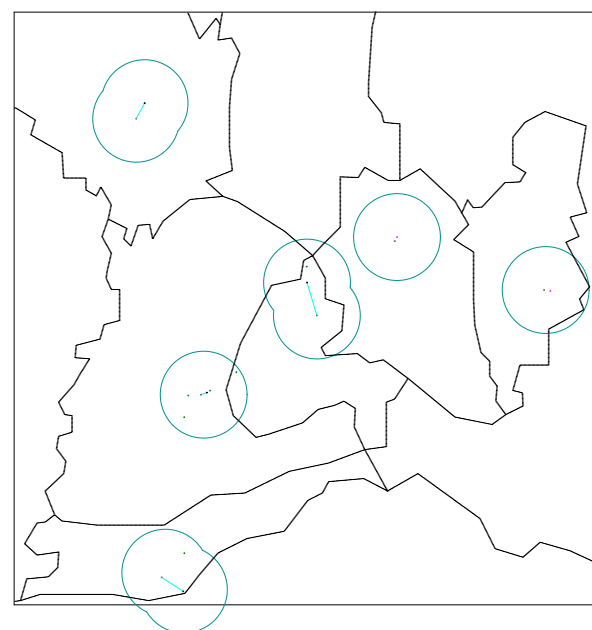


Apparition des Milieux continus et des grands équipements : T +1

Systèmes dans la limite de communes
T -1

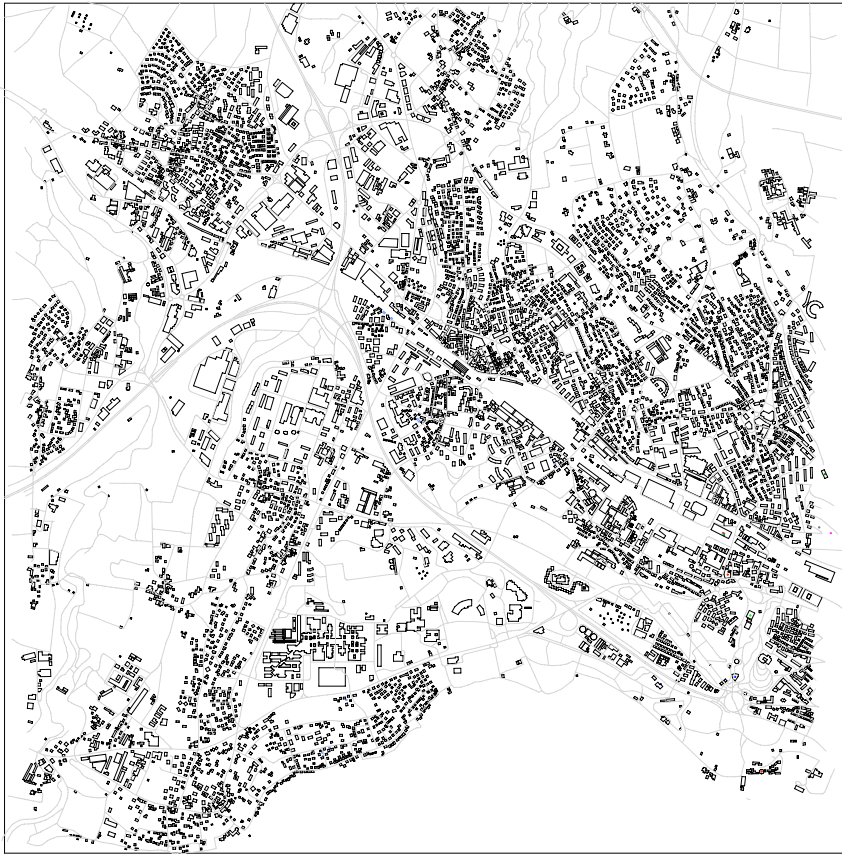
Reproduction, transformation, réorganisation de systèmes
T 0

Systèmes et Milieux continus évolués au-delà de la limite administrative
T +1



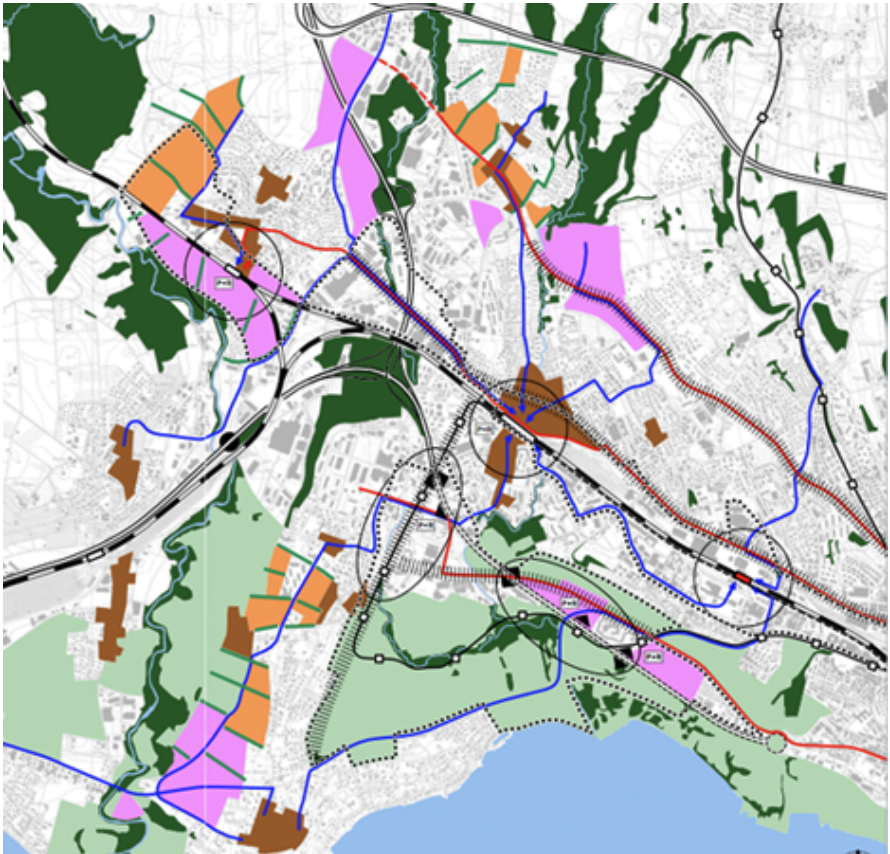
Autour de la formation et l'évolution des systèmes, nous observons l'apparition des milieux continus qui se trouvent entre les communes. Cette représentation de systèmes continus peut être une réflexion sur l'autres types de développement alternatif au-delà de la limite administrative.

Des systèmes aux milieux continus au-delà de la limite administrative



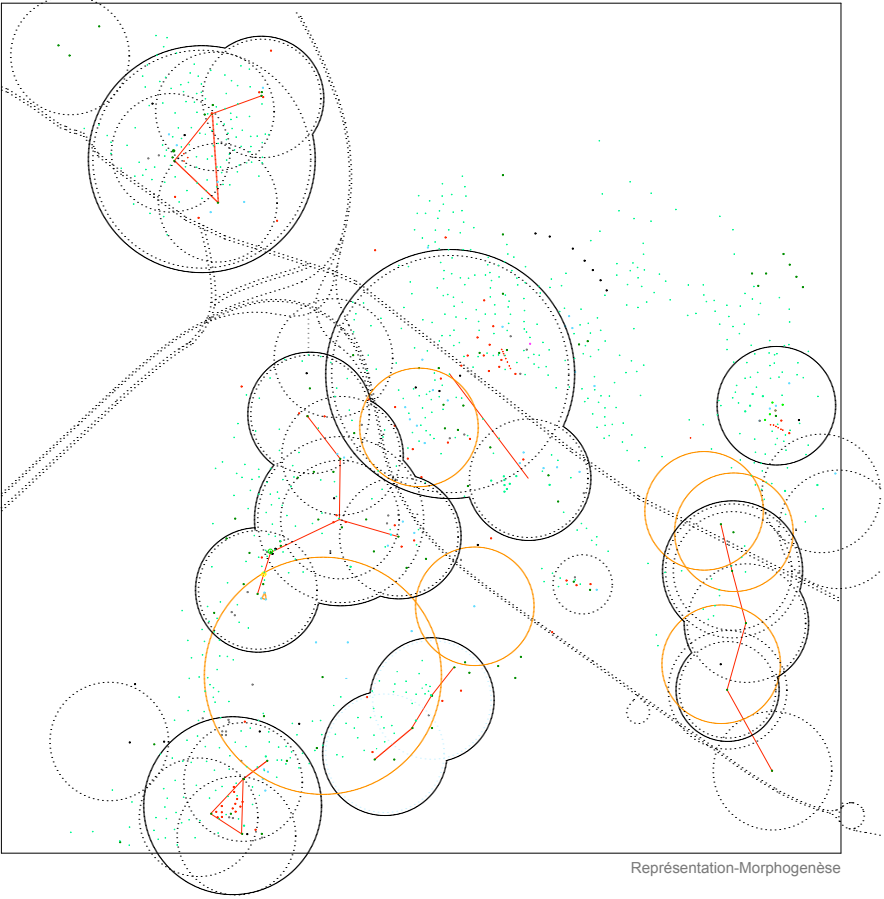
Carte de "Vecteur 25"- Etat Urbain

- La carte vectorisée se caractérise globalement par le point suivant:
- description de l'état construit (les bâtiments, les réseaux etc) par polyligne



Carte de Stratégie Schématique

- Le plan stratégique se caractérise globalement par le point suivant:
- zones d'intervention basées sur la couleur et l'indicateur



Représentation-Morphogénèse

- La représentation-morphogénèse se caractérise par les points suivants:
- simplicité et lisibilité : les codes graphiques simples basés sur la géométrie et la mesure
 - processus : le processus de la morphogénèse indique les probables interventions
 - flexibilité et polyvalence : les alternatives explicables basées sur les notions de topographie

Différents modes de représentation

1 2 3 4 5 6

6. Conclusions

Les deux principaux objectifs de cette thèse sont premièrement, d'expliquer la morphologie urbaine d'une autre façon à l'aide des termes spécifiques au phénomène de morphogenèse, et deuxièmement, de proposer une nouvelle représentation dynamique. Nous concrétisons nos buts par trois concepts majeurs : " les lois urbaines – la symétrie , la " multi-échelle " et la " représentation-morphogenèse " illustrées ci-dessous :

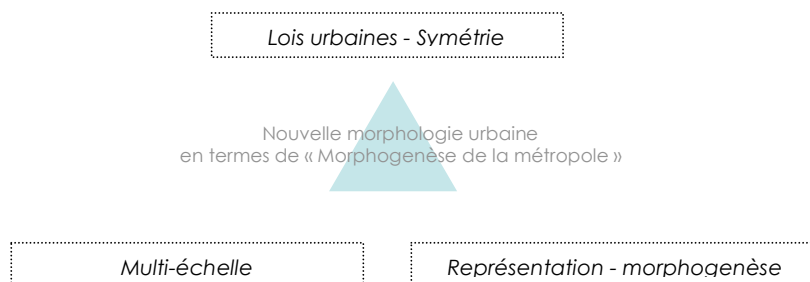


Fig.6.1 trois concepts pour la nouvelle morphologie urbaine

6.1 Résultats et caractères innovateurs

Nous avons recouru au terme de " ville organique " afin de mieux décrire la forme de la ville contemporaine. La forme organique est habituellement qualifiée par certains adjectifs tels que " pittoresque, irrégulière et non planifiée ". Elle est apte à témoigner de la nouvelle morphologie urbaine grâce aux notions de complexité, d'évolution et d'optimisation, et ceci tout en considérant les phénomènes de morphogenèse et de croissance. Notons que ces notions ne dérivent pas d'un simple mimétisme de la nature, mais plutôt d'une compréhension de certaines logiques et propriétés d'organisation typiques d'un système complexe. La morphologie de la ville peut ainsi se caractériser par les points suivants :

- Une organisation complexe : un agencement des entités construites et la création de multiples interactions programmatiques¹
- Transformation et réorganisation : une évolution de la forme d'organisation urbaine elle-même et une adaptation à l'environnement construit et naturel au cours du temps
- Une forme d'organisation optimale : une meilleure performance obtenue par forme d'organisation géométrique. Un minimum de matière de construction, une meilleure distribution/disposition des composants et une bonne intégration dans l'environnement²

Nous présentons maintenant la synthèse des résultats concernant les trois axes de recherche principaux : les lois urbaines - symétrie, la multi-échelle et la représentation-morphogenèse.

¹ And more over the kind of complexity found in cities comes from the interaction and relationships between the different parts at different scales, and over time. MARSHALL Stephen, *Cities design & evolution*, p. 130.

² Ces points sont expliqués au début du chapitre, « l'étude de l'optimisation » par la phase du Prof. P. Berger et celle de A. Bejan.

1. Les lois urbaines et la symétrie dans les différentes échelles de la ville

L'organisation de la ville est analysée et restructurée par l'agencement des entités construites et leurs multiples interactions. Ces interactions se caractérisent par certaines régularités observables nommées lois urbaines conceptuelles. Nous avons énoncé et expliqué ces lois dans les chapitres précédents. Nous les synthétisons ici à l'aide du concept de symétrie, et ceci dans les différentes échelles présentées ci-dessous.

Le pouvoir symbolique et les entités construites : perpendicularité et propagation symétrique

L'apparition d'un pouvoir symbolique provoque l'émergence et la propagation d'autres entités construites. Cette propagation par une rotation ou une translation symétrique basées sur la **loi de perpendicularité** est pertinente et elle est également utile dans la stimulation d'une croissance urbaine d'ordre symbolique. (voir aussi Fig. 6.1.2).

La reproduction de groupes d'habitat : invariants et lois de croissance > pattern formation

L'invariant caractéristique - le programme, la proximité et la forme géométrique – a permis de détecter et de former les groupes d'habitats ou d'activités. Par la suite, l'invariant morphologique "—, Δ, □, O" qui explique différentes formes d'organisation a intégré les **lois de croissance telles que la complétude, l'extension, la densification et la dissocation**. Nous avons illustré les diverses formes symétriques probables à l'échelle locale (voir aussi Fig.4.3.2.16 p. 115). Les invariants sont la base de la transformation de groupes et sont les ingrédients principaux de *pattern formation*. (voir aussi Fig. 4.4.1.1 p.154)

Le système urbain en mouvement: centre d'équilibre par centre de gravité et moyenne pondérée

Expliquer la transformation symétrique à l'échelle du système urbain, c'est être confronté à un cas particulier. Il s'agit de démontrer et de repérer le centre mouvant qui cherche l'équilibre du système par des lois mathématiques telles que **le centre de gravité et la moyenne pondérée**. La symétrie est appliquée afin d'équilibrer le système urbain. Deux notions mathématiques sont capables d'illustrer scientifiquement l'évolution du centre urbain selon deux facteurs tels que la disposition d'équipements et leurs valeurs dans le temps.

Le milieu continu : équidistance et optimalité

La formation du milieu continu s'est basée sur la continuité de systèmes. Cette forme de lien basique, "—" qui devient l'invariant morphologique, se transforme et se réorganise par la reproduction symétrique de systèmes. Dès que plus de 3 systèmes se relient, ils établissent le milieu continu qui se représente par la forme de polygones : "Δ, □...O" et aussi celle de branches "—, △, ×, ☆, *, ...". Ces formes d'organisation se caractérisent par **l'ensemble des systèmes équidistants**. Il est possible de les expliquer avec de simples lois telles que la rotation et la translation symétrique. (voir aussi Fig. 4.3.4.5 p.143) Ce qui est intéressant c'est que ces formes peuvent produire et servir plus d'activités urbaines internes avec un minimum de disposition d'équipements collectifs à proximité. Une sorte d'optimisation est produite par l'organisation symétrique.

Les lois urbaines et la symétrie s'appliquent aux différents échelles présentées ci-dessus. Mais, ces résultats caractérisent toujours un niveau conceptuel qui concerne des principes et de simples opérations. Ils ne sont pas suffisants pour valider l'idée de la complexité de la forme urbaine par les lois de symétrie.

2. La " Multi-échelle " : émergence des nouvelles dynamiques et notions

Le nouveau concept de l'échelle urbaine d'aujourd'hui nous a permis d'élaborer un différent cadre d'échelle d'organisation et d'échelle urbaine, conception encore valable de la ville contemporaine pour mieux comprendre, expliquer et maîtriser la forme complexe de la métropole. Les anciennes échelles telles que " Édifice, Ensemble, Quartier et Ville " sont remplacées par les 4 nouvelles – " Entités construites, Groupe d'invariant, Système urbain et Milieu continu ".

L'application du processus ascendant était important du plus petit vers le plus grand. En traversant les nouvelles échelles, nous avons découvert leurs diverses dynamiques – apparition, reproduction, déplacement du centre et contour mouvant. Ces dynamiques font émerger ainsi les nouvelles notions urbaines telles que le programme, la densification, la mixité et la connectivité. La visualisation de dynamiques par les codes géométriques n'est pas une simple description de l'état construit mais aussi un mode d'emploi d'opérations au milieu des composants et de leurs interactions.

En résumé, " le nouveau cadre de la représentation dynamique " se présente en tant que une nouvelle proposition pour mieux expliquer la morphologie de ville contemporaine comme ci-dessous ;

N	Niveau	Multi - échelle proposée	Dynamique	Notion
4	" Ville "	Milieu continu	Contour mouvant	Connectivité
3	Quartier	Système urbain	Déplacement du centre	Mixité
2	Ensemble	Groupe d'invariant	Reproduction	Densification
1	Édifice	Entité construite	Apparition	Programme

Table. 6.1.1 : nouveau cadre de la représentation dynamique

3. Représentation – Morphogenèse :

De la multi – échelle vers les dynamiques

La représentation du grand ensemble comme " Σ " au-dessous à droite, illustre d'une autre façon une organisation de la ville au-delà des limites de parcelle, de zone, de secteur d'administration³, et nous inspire les trois notions suivantes qui dérivent des notions topologiques⁴ de

³ En particulier dans les territoires périphériques, la dynamique de systèmes et de milieux continus montrant une déformation du contour est remarquable. Voir aussi l'image d'expérimentation « Des systèmes urbains aux milieux continus au-delà de limite administrative (T-1, T0, T+1) ».

⁴ Le domaine de la topologie est le domaine des propriétés de l'espace qui restent invariantes à l'égard des « déformations bicontinues » telles que celles qu'on réalise en étirant une membrane de caoutchouc sans pliure ni déchirure...SAUVY Jean et Simone, L'enfant à la découverte de l'espace, Casterman/Poche, 1972, p. 33.

base: continue - discontinue, intérieur - extérieur et frontière - bord. Elles sont les notions conceptuelles et aussi opérationnelles pour la planification urbaine de la métropole selon les caractéristiques distinguées ci-dessous en comparant avec le plan de schéma d'opération en bas à gauche :

- Question de simplicité et lisibilité : les codes graphiques simples basés sur la géométrie et la mesure
- Question de " cause à effet " : le processus de la morphogenèse indique les probables interventions
- Question de flexibilité et polyvalence : l'expérimentation dans les différentes échelles et temps



Fig. 6.1.2 : comparaison : État construit – Schéma stratégique actuel – Représentation Morphogénétique

Entité construite : notion de symbole

On peut commencer à identifier des composants symboliques potentiels qui peuvent recréer des interactions et introduire d'autres formes d'organisation. (l'image à gauche de la fig.6.1.3) On peut aussi localiser volontairement une nouvelle entité symbolique pour accueillir ou repulser les autres. En conséquence, on peut prédire ou simuler une propagation symétrique des entités selon les lois de perpendicularité. C'est lié à la localisation d'un programme tel que perturbateur qui peut radicalement dynamiser les milieux urbains. Regardons le nouveau symbole apparu et les nouveaux habitats installés ci-dessous ! (l'image à droite de la fig.6.1.3)

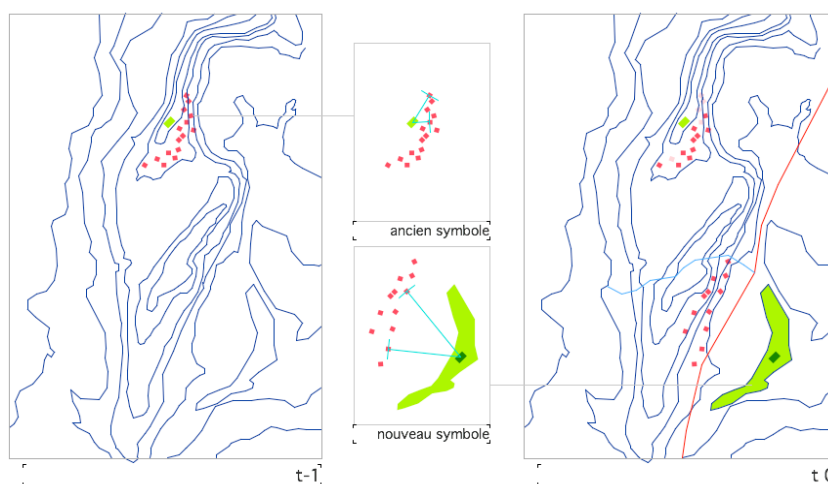


Fig. 6.1.3 : validation de la dynamique " Symbole-Entités " à l'échelle d'entité construite

Groupe d'invariant : notion de pattern

La croissance de groupes d'habitat et d'activité influence directement la forme urbaine à l'échelle locale. Les habitats se mettent ensemble petit à petit en fonction de certaines logiques basées sur les contraintes et les ressources présentes à proximité. On peut les identifier dans le plan - la topographie, la vue, les réseaux, le symbole -, et appliquer les lois de croissance sur la forme d'organisation représentative afin de concrétiser cette forme du groupe idéal, le *pattern*. La route principale en rouge permet de créer les autres réseaux secondaires qui montent verticalement et disposent les groupes d'habitat économiquement. En même temps, elle exige l'orientation de logements au premier rang par la perpendicularité. La topographie en bleu fait varier la position des logements pour avoir suffisamment de dégagement et de vue. L'espace vert et le symbole attirent les habitants et fournissent la qualité de vie dans la proximité. (l'image à droite de la fig.6.1.4) On peut engendrer ainsi la formation de groupes d'habitat en considérant le processus et les étapes pour bien les intégrer au site.

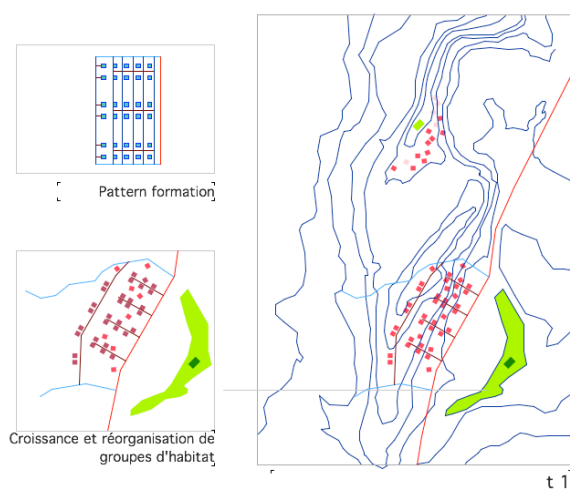


Fig. 6.1.4 : validation de la dynamique du groupes à l'échelle de groupe d'invariant

Système urbain : notion de centre mouvant

Le centre mouvant, créé par l'association des équipements collectifs, se transforme à la suite du déplacement des équipements existants ou de l'addition ou suppression d'un équipement. Par la suite, le mouvement successif du contour permet d'identifier les nouvelles zones à développer au centre et en périphérie du système comme ci-dessous. Alors, on peut volontairement déformer le champ et reconfigurer la centralité urbaine selon une différente disposition des équipements collectifs et de leur valeur à l'échelle de système urbain.

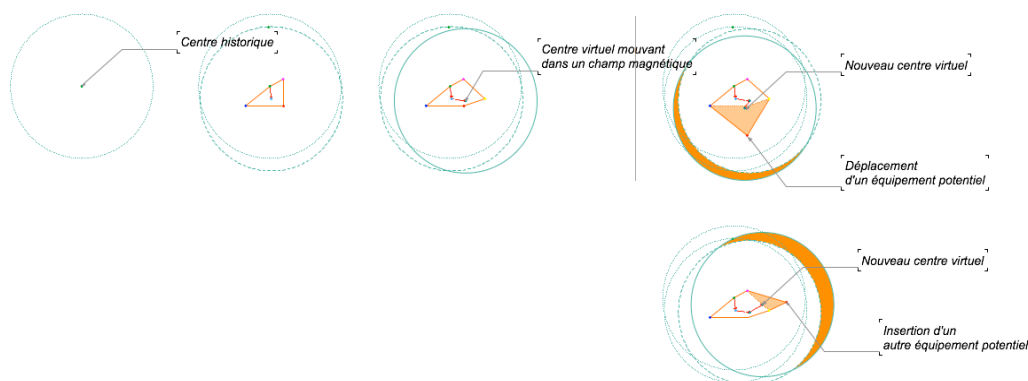


Fig. 6.1.5 : validation de dynamique du centre à l'échelle de système urbain

Milieu continu : notions de topologie

Nous pouvons créer des systèmes isolés ou continus selon certaines modifications de formes d'organisation. La continuité de systèmes avec certaines formes géométriques engendre plus de fluidité urbaine, elle permet d'accueillir divers programmes et d'augmenter le nombre d'habitats. Cela s'explique par la bonne connectivité des systèmes dans une certaine proximité qui permet d'augmenter la qualité de l'espace. C'est une mesure qui s'est proposée pour mieux structurer l'aire périurbaine de la métropole. De plus, la dynamique du milieu continu est représenté ainsi par le contour mouvant. La formation stratégique du milieu continu dynamique s'est illustrée par les notions de topologie ci-dessous.

1. Continue ou discontinue

La touche de cercles et la ligne entre les centres indiquent la continuité des systèmes et la distance réelle. Les systèmes isolés complètent le vide ayant un autre système supplémentaire pour avoir la continuité et plus de performance fonctionnelle propre. Nous avons l'opportunité d'intégrer facilement les autres composants nécessaires pour créer le système selon l'identification des entités dans la représentation. De plus, la création d'un milieu continu donne l'expansion du contour des systèmes. L'ensemble du système grandit et se développe. (voir Fig. 6.1.6 en haut) Mais, la continuité de systèmes sans fin n'a pas de sens. La distance totale entre les centres des systèmes continus doit être bien examinée pour avoir la meilleure performance.

En revanche, l'introduction d'un perturbateur, par exemple l'autoroute, est considérable pour concrétiser la discontinuité des systèmes. L'effet de perturbation est radical mais efficace pour corriger le statut de lien dans l'aire urbaine. (voir Fig. 6.1.6 en bas)

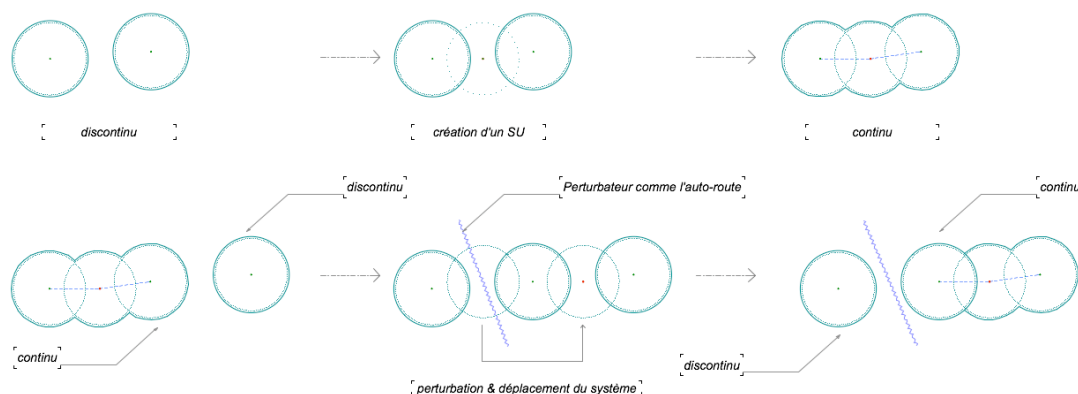


Fig. 6.1.6 : continu / discontinu en ajoutant un nouveau système

2. Intérieur ou extérieur (dedans - dehors)

En admettant des éléments (quasiment isolés et fonctionnant moins bien) qui sont en dehors des systèmes, nous pouvons commencer à réfléchir à leur valeur et à leur disposition spatiale. Après avoir créé un nouveau système en ajoutant des équipements et l'espace public nécessaires, ces éléments qui étaient à l'extérieur des systèmes se trouveront à l'intérieur du système et aussi du milieu continu. (voir Fig 6.1.7 en haut)

En créant une face (triangle, carrée etc.) avec au minimum 3 systèmes proches, on peut changer plus radicalement le statut de l'intérieur et de l'extérieur des systèmes avec leur contour déformé. (voir, Fig 6.1.7 en bas). Ceci implique plus de compacité et d'efficacité d'organisation spatiale.

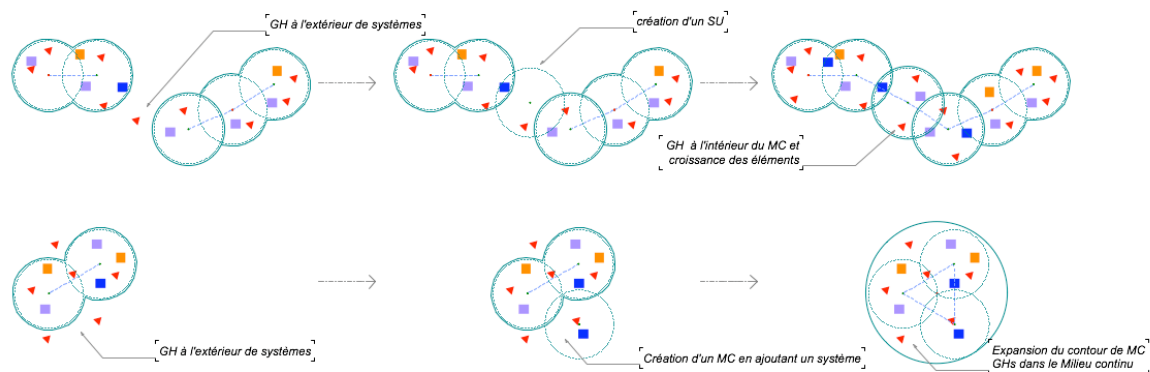


Fig. 6.1.7 : intérieur / extérieur selon déplacement du centre ou nouveau système

3. Frontière ou bord

Les systèmes ou les milieux continus définissent leurs frontières qui constituent l'ensemble de leurs contours. En même temps, le bord qui est à l'extérieur des frontières apparaît comme une relation de " plein et vide ". Cette surface du bord peut être l'espace vide mais aussi l'espace programmé par plusieurs éléments urbains comme ci-dessous. Pour la qualité de l'aménagement, la surface de bord est aussi importante que la surface de systèmes pour engendrer la diversité et l'équilibre. En particulier dans les communes périphériques, la (dé) localisation d'un grand équipement est considérable pour dynamiser l'état urbain non planifié comme le bord.

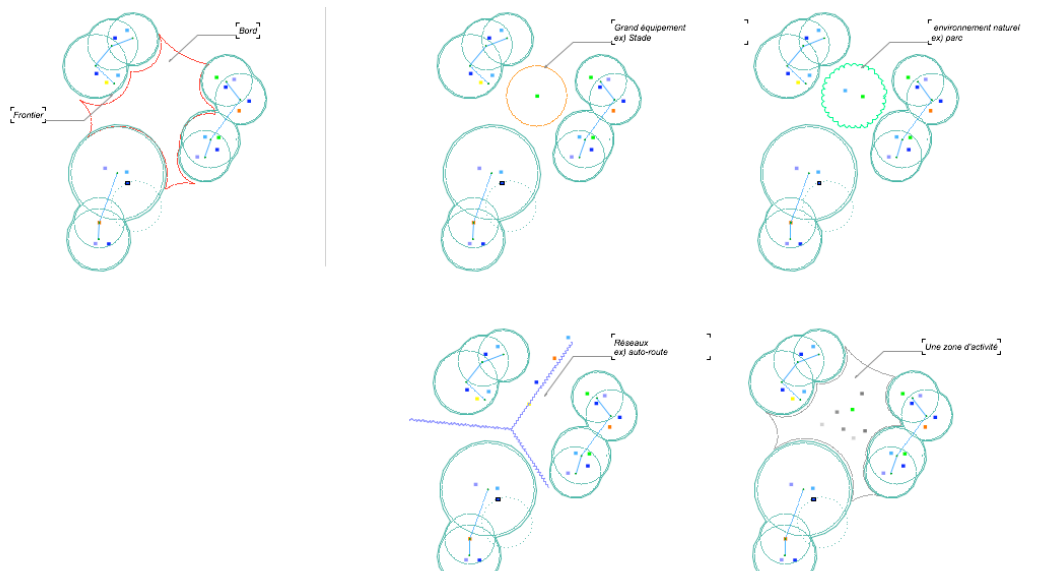


Fig. 6.1.8 : frontière et bord, bord structuré par le vide ou par les différents programmes

Ces notions sont très simples à appliquer grâce à la géométrie euclidienne indiquant le lien et la distance entre les éléments dans l'espace. Regardons, par exemple, un cas qui pose la question ci-dessous :

Entres les milieux continus, il y a des groupes d'habitat isolés qui ne profitent pas de l'environnement. Quelles alternatives sont-elles possibles avec cette représentation-morphogénèse ?

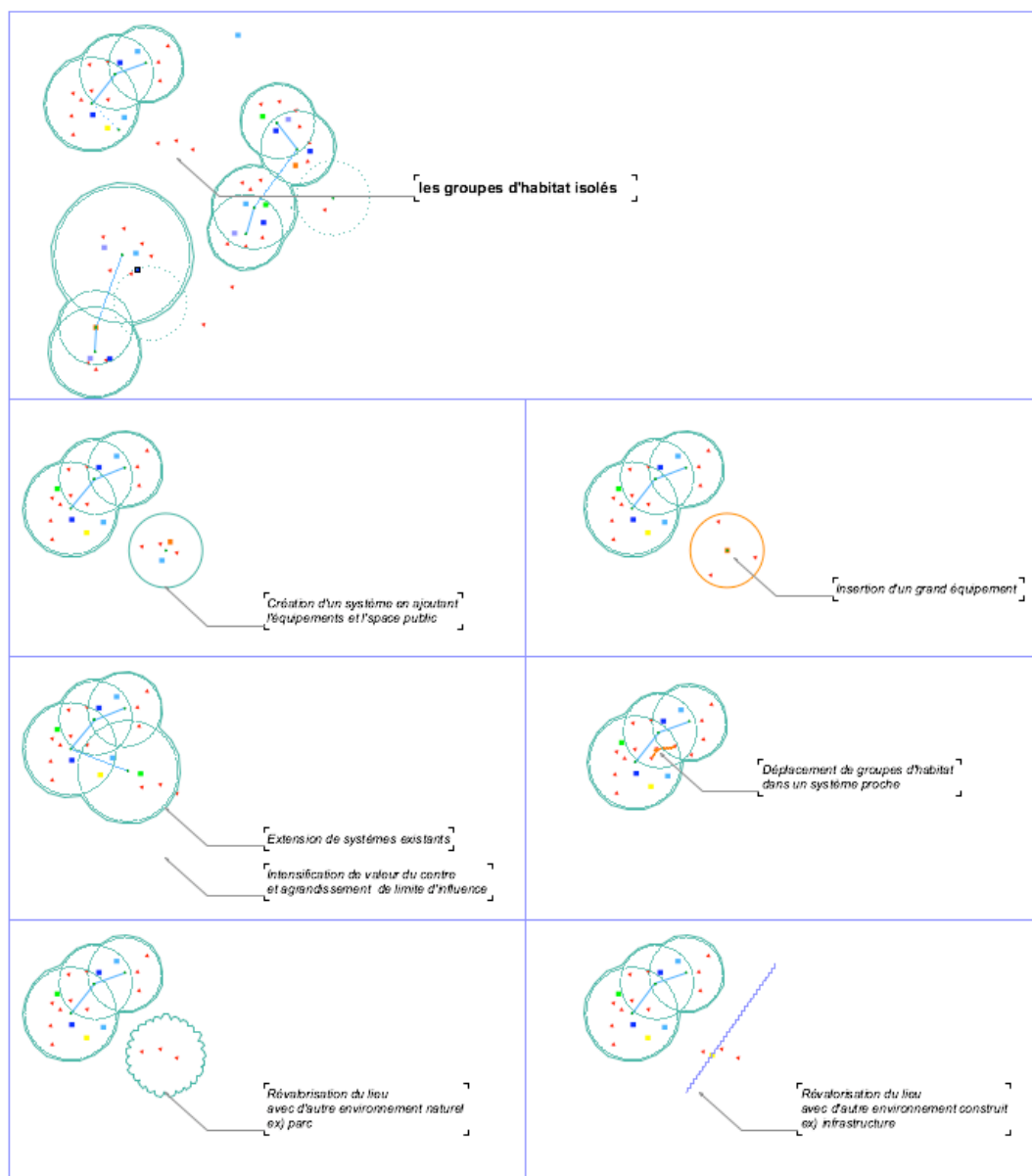


Fig. 6.1.9 : alternatives de solutions probables basées sur la représentation - morphogénèse

La représentation est déjà utile au niveau de l'identification du problème. Ensuite, on peut commencer à dessiner quelques géométries qui sont les alternatives d'une solution probable comme ci-dessous (voir Fig. 6.1.9) : ce sont des esquisses probables que nous illustrons.

Morphogénèse comme planification stratégique : les étapes & la flexibilité

" La stratégie comporte, comme le programme, le déclenchement de séquences d'opérations coordonnées. Mais, à la différence du programme, elle se fonde non seulement sur des décisions initiales de déclenchement, mais aussi sur des décisions successives, prises en fonction de l'évolution de la situation ce qui peut entraîner des modifications dans la chaîne voire la nature des opérations prévues. Autrement dit, la

stratégie se construit, se déconstruit, se reconstruit en fonction des événements, aléas, contre-effets, réactions perturbant l'action engagée. La stratégie suppose l'aptitude à entreprendre une action dans l'incertitude et à intégrer l'incertitude dans la conduite de l'action. C'est dire que la stratégie nécessite compétence et initiative", Edgar MORIN ⁵

Nous prenons en compte l'adaptabilité du projet urbain ou celui d'un aménagement territorial en considérant l'évolution de l'environnement. Dans le cas d'un " grand projet urbain", la réalisation du projet qui est conduit par le *masterplan* rigoureux ne prévoit pas le changement de l'environnement, qui aujourd'hui se fait beaucoup plus vite qu'auparavant. Cela nécessite des étapes et une flexibilité dans le processus du projet. Il s'agit de planification stratégique. Dans l'axe du temps, le projet se développe par des étapes qui s'adaptent aux circonstances variées.

$P / t \text{ -----> } E1 / t1 + E2 / t2 + \dots + Ei / tn$

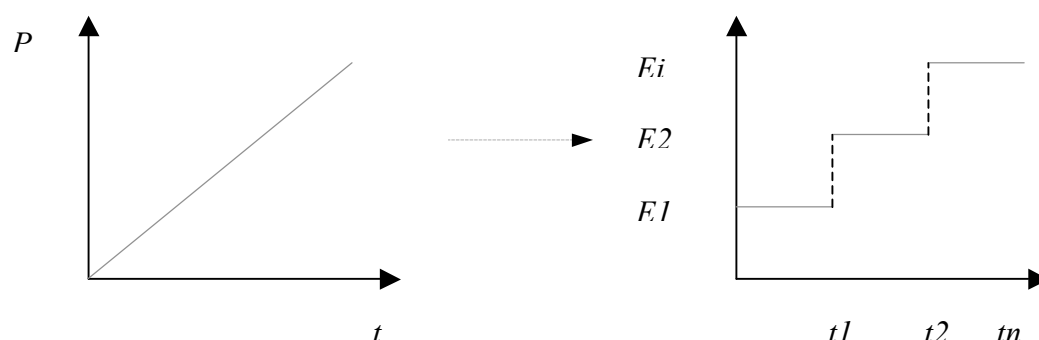


Fig. 6.1.10 : processus linéaire et processus par étapes, P : progrès, t : temps, E : étape

Ainsi, la décision successive basée sur les étapes interagit et s'adapte aux événements apparus dans les milieux urbains. L'événement en tant que perturbateur est une contrainte et aussi une ressource qui exige de corriger la direction du projet comme ci-dessous.(fig. 6.1.11) Ces images sont des esquisses probables d'un scénario.

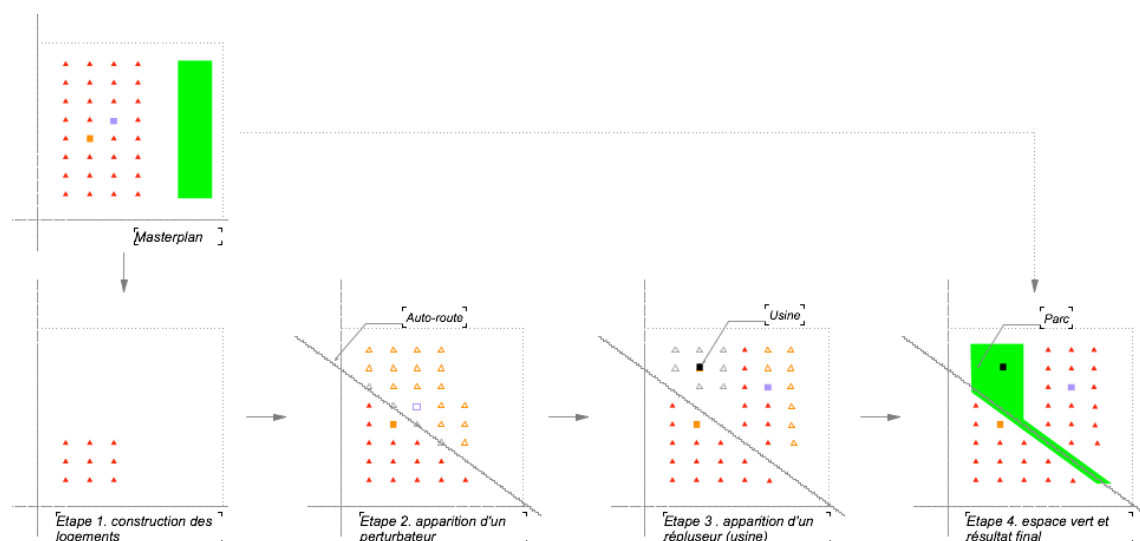


Fig. 6.1.11 : apparition des événements et processus successif par étapes, Indicateurs : triangle en rouge - logements, triangle en gris - logements perturbés, carré - équipement collectif, surface en verte – espace public

⁵ MORIN Edgar, *ibid.*, 1980, pp. 224-225.

Enfin, la Morphogenèse n'est pas un simple outil qui explique ou modélise le phénomène de croissance urbaine mais aussi une sorte d'application et de validation alternative de la planification stratégique basée sur les étapes et sur la flexibilité. C'est aussi le caractère de l'auto-organisation. Elle nous permet d'indiquer les probables transformations de l'environnement construit et naturel en interagissant avec les lois urbaines et les contraintes réelles.

6.2 Perspectives

1. L'intégration de données géographiques SIG

L'intégration des données géographiques dans la morphologie dynamique de la ville est relativement peu développée. L'usage et le rôle des SIG d'aujourd'hui sont pourtant remarquables dans les domaines scientifiques. Pour faire progresser le domaine de la morphogenèse urbaine, il est nécessaire de développer un propre " système d'information de morphogenèse urbaine " constitué par les lois et les divers indicateurs thématiques (e.g. réinterprétation et invention des programmes). La réévaluation des données dans les différents temps sera ainsi importante.

Cela se résume par le " **SIMU** " ou Système d'Information Morphogenèse Urbaine;

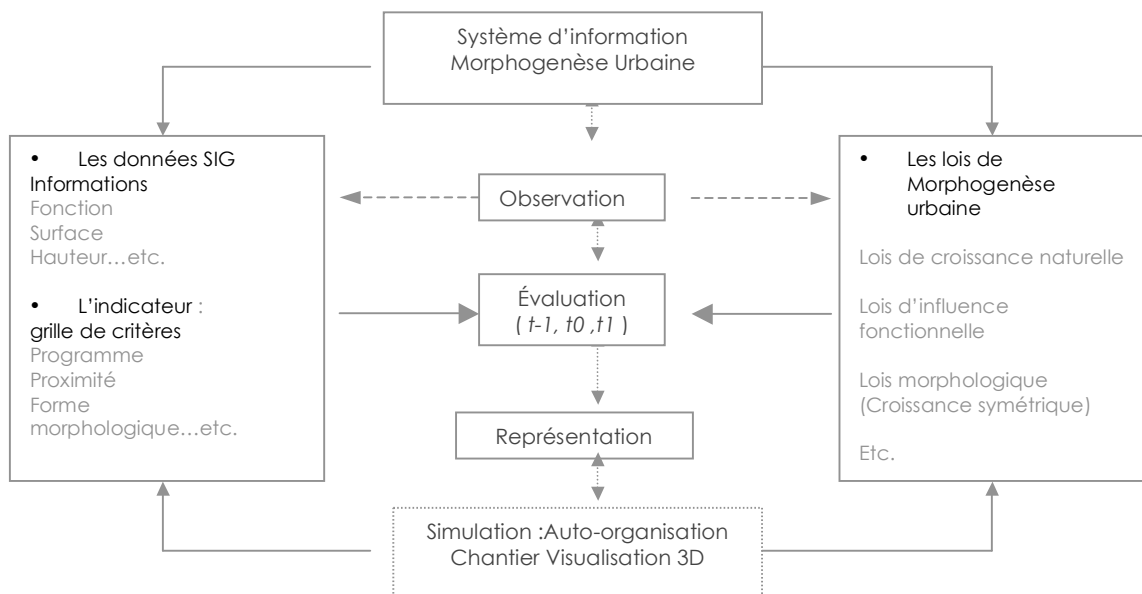


Fig.6.2.1: diagramme de SIMU

2. Les lois urbaines, la mathématisation et la simulation du réel

Nous avons pu illustrer la détection des groupes d'habitat en appliquant l'algorithme et la dynamique de groupes basée sur les lois urbaines telles que la complétude, l'extension, la densification et la dissociation. Ensuite, la dynamique de système urbain en termes de centre mouvant considérant le centre de gravité (*Centroid*) et la moyenne pondérée (*Weighted mean*). Ce sont des partis mieux développés dans cette recherche même elles étaient théoriquement conceptualisées. Elles peuvent être la base de la mathématisation du réel de la morphogenèse. Par contre, la perpendicularité qui caractérise la propagation des entités construites et la condition de la dynamique de milieu continu n'étaient pas suffisamment validés pour la mathématisation. Ainsi, le développement des lois urbaines et leurs validations pour la mathématisation seraient importants pour continuer d'expliquer la morphologie urbaine de la ville contemporaine.

La thèse était aussi destinée à proposer la théorie de morphogenèse urbaine pour la simulation de croissance et de transformation de la métropole. Ainsi, l'auteur a établi la multi-échelle et a

coopéré avec C. plazanet et V. Silva pour tester certaines simulations fragmentées à l'échelle de groupe et de système dans certaines limites. Ces essais restent au niveau conceptuel. Pour simuler la totalité de la morphogenèse de la métropole, il est nécessaire d'ouvrir un grand chantier de simulation & visualisations 3D constituées par plusieurs ingénieurs.

3. La représentation : l'application de la géométrie euclidienne et le grand centre dense / mixte

*La géométrie euclidienne est une représentation culturelle de l'espace, nous rapportons à elle l'ensemble des perceptions de l'espace que nous avons.*⁶

De nos jours, la puissance de l'informatique et du développement de la visualisation 3D nous font oublier l'importance de la géométrie euclidienne en architecture et en urbanisme. La géométrie euclidienne est un mode d'abstraction efficace et commode par sa simplicité et sa lisibilité. De plus, elle peut nous indiquer aussi la mesure du réel. En conséquence, nous l'avons appliquée à la représentation morphogenèse en tant que mode d'emploi principal. Nous avons regardé la ville complexe d'aujourd'hui à l'aide de géométries simples.

Après l'expérimentation, nous avons remarqué que les milieux continus apparaissent et montrent une structure pertinente dans les communes périphériques. Par contre, nous avons pris conscience du problème au grand centre de la ville qui est plutôt saturé selon une superposition et une multiplication des équipements collectifs. Il n'y a plus de forme capable de nous indiquer l'ordre de l'état construit au grand centre en termes de milieu continu.

Si nous considérons une des dynamiques actuelles telle que la transformation de centre urbain, e.g. *gentrification*, la représentation pourrait être utile pour illustrer la structure et la problématique du centre de manière lisible pour l'intervention. Il est nécessaire encore d'approfondir l'échelle de milieu continu ou de développer un autre niveau d'organisation qui correspond à la complexité du grand centre urbain. En conséquence, il est nécessaire de raffiner et de développer l'application et la visualisation de la géométrie euclidienne sur la représentation de villes de plus en plus verticales et les grands centres denses et mixtes.

4. L'application dans les autres villes

L'observation, le modèle théorique et l'expérimentation ont été développés dans le contexte de la région lémanique. La question est là ! Est-ce qu'ils sont encore applicables aux autres villes métropolitaines ? Nous supposons que la méthode telle que la multi-échelle basée sur le processus ascendant et la représentation morphogenèse est tout à fait applicable selon les mêmes problématiques et phénomènes spécifiques au périurbain.

Par contre, il faut développer les indicateurs pour les propriétés pour la détection du groupe. Pour l'établir le centre urbain dans les autres pays, il faut posséder une bonne connaissance du développement du centre et de ses programmes. (Par exemple, l'église n'était pas le

⁶ BERGER et NOUHAUD, *ibid.*, 2004, p.164.

programme principal qui définit le centre de la ville dans les pays d'Asie (si ! le centre spirituel définit l'axe important de l'urbanisation ! en relation à d'autres activités comme en Occident : le pouvoir politique). Il faut aussi raffiner et surtout redéfinir la valeur des programmes urbains selon les différentes sociétés et cultures.

5. " Est-ce que la ville est symétrique ? "

Nous avons commencé cette recherche en posant cette question délicate. Tout le monde a répondu, " Non, c'est plutôt asymétrique !" Apparemment, l'image figurative et définitive de la ville n'est pas si symétrique. Même, elle est simplement confuse et désordonnée.

Nous sommes arrivé à comprendre la symétrie avec la notion d'invariance et les lois d'opération dans un processus dynamique - c'était un changement radical de notre point de vue sur la ville. Par la suite, nous avons essayé de re-identifier les éléments urbains et leur interaction complexe. La ville était considérée comme système complexe capable d'auto-organisation, et qui maintient sa forme évolutive. Cette prise de conscience nous a permis d'établir la multi-échelle depuis le plus petit vers le plus grand et d'expliquer les nouvelles notions et dynamiques de la ville. Nous avons pu expliquer autrement la morphologie urbaine d'aujourd'hui en termes de morphogenèse.

En revanche, la symétrie qui s'appliquait partiellement dans les différentes échelles reste toujours au niveau conceptuel autour de principes et de simples opérations de la symétrie. Les lois de symétrie n'étaient pas claires pour expliquer la complexité de la morphologie urbaine. Même *l'idée globale*, " *la forme de la nature et de même, celle de la ville contemporaine est symétrique dans leur propre processus de morphogenèse!* " n'est pas aboutie dans cette recherche : c'est un axe de recherche important à développer afin d'être en mesure d'expliquer la morphologie urbaine de la ville contemporaine.



Terminologie

Morphologie

La morphologie est, en général, définie en tant que l'étude de la forme et de la structure. La morphologie urbaine en termes de physique est alors l'étude de composition et configuration des éléments physiques trouvés dans les villages et les villes, par exemple bâtiments, rues, parcs, etc. Cependant la morphologie de l'état urbain en tant que système complexe peut se définir par l'études spatiale et temporelle et en conséquence elle adresse elles-mêmes au problème de la " transformation". Ainsi, la morphologie urbaine est instable et dynamique.

Phénomène

Ce qui se fait remarquer par son caractère singulier et exceptionnel. Il est perçu et apparaît notamment à la conscience de l'homme.

En parlant la métropolisation de villes, on perçoit et rend compte du changement remarquable ou souvent radicale par certaines transformations physiques de l'état urbain. Il s'agit de phénomène de croissance, d'étalement et de fragmentation aux milieux urbains. Ces phénomènes urbains s'expliquent par les lois qui fournissent un ensemble de règles de transformation physique en identifiant la cause et l'effet.

Morphogenèse

La morphogenèse, c'est-à-dire l'ensemble des mécanismes expliquant l'apparition reproductible de structures et contrôlant leur forme. C'est une question fondamentale dans toutes les sciences de la nature. Nous l'appliquons ce terme à l'urbanisme pour expliquer la morphologie dynamique de la métropole. Par conséquent, elle se constitue les formes urbaines émergeant de la dynamique et contrôlé par les paramètres de cette dynamique.

Nous considérons ici la forme urbaine déduit par l'interaction entre les divers éléments du système en traversant son processus propre, la morphogenèse urbaine et elle se sert aussi à l'optimalité économique de la ville. La morphogenèse urbaine est ainsi le générateur de forme dynamique de la ville.

Invariant

L'invariant se dit d'une mesure ou d'une propriété d'une figure, que l'on retrouve dans l'image de celle-ci par une transformation donnée. Si l'on prend un exemple de transformation géométrique des polygones, la longueur, l'angle, le ratio, le parallélisme, etc. seront les invariants potentiels.

En observant la ville, les invariants servent à grouper les uns et les autres bâtiments selon leurs propriétés communes. Les bâtiments d'habitats toujours se regroupent par certains caractères communs comme le programme, la proximité et la forme géométrique que nous appelons comme invariants caractéristiques. En suite, nous introduisons une autre sorte d'invariant. Il s'agit d' invariant morphologique. Les formes d'organisation élémentaires du groupe d'habitat se représentent par la ligne, le triangle, le carré et le cercle.

- **Invariant caractéristique - *propriété commune***
- **Invariant morphologique - *forme d'organisation élémentaire commune***

Ces formes d'organisation qui résultent aussi d'un aspect anthropologique de l'espace se reproduisent et se transforment aux milieux urbains.

Programme

E. Morin explique le programme comme un ensemble (" ce qui est inscrit à l'avance ") d'inscriptions codées qui, lorsque apparaissent les conditions spécifiques de leur exécution, permettent le déclenchement, le contrôle, la commande par un appareil de séquences d'opérations définies et coordonnées pour arriver à un certain résultat.

Si le programme est l'intention et la finalité du bâtiment, aujourd'hui cependant ce programme ne peut plus simplement être une réponse à la fonction d'un bâtiment. Il est adapté et conçu différemment par l'homme dans l'espace et le temps. **Le programme est saisi comme moteur d'interaction et de dynamique entre les entités construites des milieux urbains.** Il doit ainsi s'inscrire dans un environnement construit et naturel pour interagir avec ce dernier, réorganiser et donner une nouvelle identité aux milieux urbains au-delà de la parcelle, la zone et le secteur.

Cependant, certaines notions de programme ci-dessous deviennent utiles à la ville d'aujourd'hui tel système complexe :

- l'hérédité, la reproductibilité et l'adaptation
- l'évolution et l'interaction

Les programmes ont la capacité de se reproduire et d'évoluer dans leurs milieux urbains. La ville ne grandit donc pas " naturellement ", elle se transforme et s'organise selon les différents programmes et leurs valeurs culturelles et de société.

Centre de gravité programmatique

Il est une réflexion sur la centralité urbaine d'aujourd'hui du point de vue de programme complexe. La centralité se retrouve au milieu de divers bâtiments collectifs incluant les anciens bâtiments prestigieux e.g. l'église ou l'hôtel de ville. Le centre, qui était imposé par un point absolu de bâtiments prestigieux, devient le point virtuel et dynamique dans un champ magnétique développé par les plusieurs bâtiments collectifs. Le lien entre ces bâtiments collectifs se crée et cette nouvelle configuration centrale engendre différente forme de fluidité, d'activités et de la vie urbaine ensemble. Le centre urbain se déplace par la disposition des programmes collectifs et leurs valeurs dans le temps. Il s'agit de " centre de gravité programmatique ".

Multi-échelle

Une idée que la ville soit considérée comme système complexe nous fait établir l'architecture en étages, la " multi-échelle ". Elle se compose par quatre échelles d'abstraction nommées : Entité construite, Groupe d'invariant, Système urbain, et Milieu continu. Ce sont des nouvelles échelles qui se caractérisent par le processus ascendant en envisageant la notion de gouvernance. Elle servi à identifier autrement les composants et leurs interactions afin d'aboutir nouvelle morphologie dynamique de la métropole.

Entité construite

L'entité construite est une nouvelle définition pour les éléments à la plus petite échelle de la ville. Nous substituons du langage courant - le bâtiment, l'édifice et l'artefacte - par l'entité construite. **Cette entité se caractérise par la notion d'"agent" contenant le programme et l'interaction.**

H : habitat, A : activité, E : équipement, EP (espace public) : rue, place, parc etc.

Groupe

La ville est constituée en majeure par les groupes de bâtiments en commun afin de favoriser l'effet d'ensemble. Nous prenons en compte la notion de groupe comme phénomène qui traverse l'histoire de l'être vivant. Dès les premières sociétés primitives, l'être humain aussi se met en ensemble dans les espaces à vivre afin de protéger, produire et partager des choses de manière symbiotique.

Le groupe est **l'ensembles de bâtiments (entités construites) ayant des propriétés communes** : même programme, proximité et similitude de forme géométrique. À niveau local, le groupe se représente en majeure par le groupe d'habitat et éventuellement par le groupe d'activité. Un groupe d'habitat (GH) ou un groupe d'activité (GA) est défini par :

GH = {H_{n|n>=3}}, ou **GA = {A_{n|n>=3}}**, *n* étant le nombre d'individus du groupe.

- groupe d'habitat : des tissus urbains spécialement affecté aux logements.
- groupe d'activité : des tissus urbains liés pour l'activités économique.

Système urbain

C'est une nouvelle notion qui substitue celle de quartier. Les groupes d'habitat (et d'activité), eux-mêmes rattachés à un espace public, et à des équipements collectifs proches, forment un nouvel élément du modèle que nous appelons système urbain. Un système urbain (SU) peut être défini comme suit :

$$SU = EP \cup E \cup GH \cup GA = \{EP_{m|m \geq 1}, E_{n|n \geq 1}, GH_{p|p \geq 1}, GA_{p|p \geq 0}\},$$

n, m et p étant les nombres d'éléments des sous-ensembles respectifs

Le système urbain se caractérise par le centre dynamique et mixte. L'addition ou la suppression d'équipements collectifs et l'évolution de valeur symbolique des programmes redéfinit la centralité urbaine d'aujourd'hui qui se déplace.

Milieu continu

Le système urbain s'accroît, se multiplie et se métamorphose en une autre structure urbaine continue et dynamique qui assure une qualité collective liée aux diverses activités urbaines. Le milieu continu comme nouvelle notion d'échelle supérieure définit autrement le milieu urbain de la ville qui n'est plus celui d'hier. La "ville" comme l'ensemble des systèmes urbains qui interagissent et s'organisent autrement. Le milieu continu se caractérise par l'homogénéité et l'élasticité à l'aire urbaine instable afin de mieux résoudre le problème du phénomène d'étalement et de fragmentation de la métropole.

Milieu Continu (**MC**) : La ville peut se définir comme étant un grand ensemble de systèmes urbains en interaction. Elle se caractérise par les minimum 3 systèmes connectés. Elle se compose en outre d'éléments individuels qui ne faisant à priori pas partie d'un système quelconque. Ainsi :

$$MC = \{SU_{n/n \geq 3}, EP_{m/m \geq 0}, E_{p/p \geq 0}, H_{q/q \geq 0}, A_{r/r \geq 0}\}$$

SU : système urbain, *EP* : espace publique, *E* : équipement, *H* : habitat, *A* : activité

Théories

Trois modèles précédents de la métropole

Nous allons présenter et comparer trois modèles de la métropole dans le cadre plus ciblé tel que le système, l'échelle et la dynamique pour pouvoir distinguer et proposer un nouveau modèle théorique.

Les trois modèles de la métropole sont ;

- Le macro-système schématisé (Lynch K.)
- Le modèle géographique basés sur la micro, méso et macro échelle (Ruas A. et Boffet A.)
- Le modèle dynamique (Betty M.)

Lynch explique quatre différents modèles comme **système d'organisation** de la métropole (Lynch, *City sense and city design*, 1990). Ils sont à priori deux dimensionnels, abstraits et généraux. **Le système de transport et de distribution dans une grande échelle** déduit différemment les zones et la forme de la ville.

1. *The linear system*, remarqué par continuité de la voie ou le bord dominant
2. *The linkage system*, caractérisé par système network comme l'idée de Baroque
3. *The radial system*, un point central dominant et les voies radiales avec les centres secondaires
4. *The grid system*, l'ensemble de réseaux perpendiculaires basé sur l'organisation fonctionnelle et rationnelle. Caractère sans fin et répétitif.

En observant métropolisation de la ville, nous constatons que sa morphologie est très sensible et est fortement dépendant aux systèmes de réseaux. Par contre, Lynch, lui-même, a déjà remarqué le besoin de l'application de modèles composés et la nécessité d'un modèle de processus pas comme une forme complète¹.

À la suite, le point de vue global de géographe s'applique à **la description générale de la ville selon notion de système et d'échelle**. C'est une démarche intéressante pour parler de multi échelle et processus de la ville.

1. Le niveau micro qui décrit les objets individuellement (le tronçon routier, les bâtiments) ;
2. Le niveau méso qui décrit des groupes d'objets micro (l'îlot qui regroupe des bâtiments) ou méso (le quartier qui regroupe des îlots) ;
3. Le niveau macro qui décrit des populations d'objets (l'ensemble des bâtiments, l'ensemble des îlots)

Plus souvent, le concept de système appliqué au milieu urbain permet de créer des différents groupes d'objets(les villes, les quartiers, les îlots, les structures bâties) à partir des objets dits élémentaires(les tronçons routiers et les bâtiments) présents dans la base de données géographiques.

¹ Most models refer only to a completed form, and for this they have been much criticized. They take no account of the process by which the form is achieved...Process is the key, Lynch, *good city form*, 1984, p.280

Enfin, pour mieux décrire et prévoir la dynamique et la croissance de la ville, Betty et plusieurs chercheurs appliquent **des simulations numériques scientifiques** au modèle urbain. Il montre comment la ville s'organise et grandie à priori de manière irrégulière (l'auto - organisation et l'émergence). Dans sa recherche, les villes et leurs formes complexes sont représentées par divers outils et théories tels que *cellular automata*, *agent-based models*, et *fractal*. Et, les modèles basés sur ces méthodes sont très utiles et polyvalents pour élaborer la morphologie dynamique de la ville.

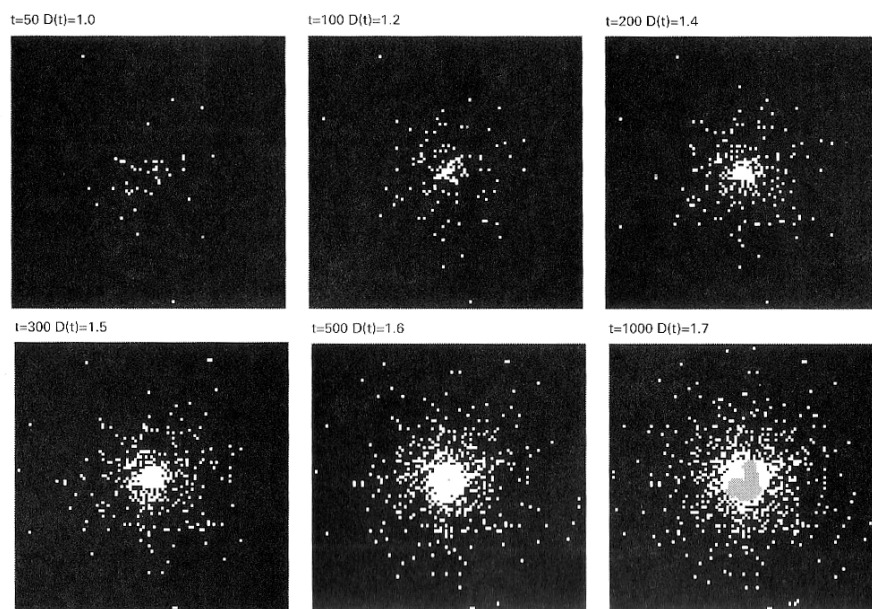


Fig.T.1: simulation of a hypothetical urban growth pattern to its critical level. Indicateur, t : time, $D(t)$: fractal dimension, extrait de Betty, *ibid*, p.435

Les caractéristiques de modèles dynamiques basés sur simulation numérique sont résumées par

- Les lois mathématiques simples
- L'interaction entre les agents
- Le processus de croissance

Théorie de "Système urbain"

Nous citons d'abord diverses descriptions de système concernant la ville ci-dessous ;

- Dans la ville, **plusieurs systèmes** sont identifiables : les sous-systèmes du **politique** (qui met l'accent sur le rôle des acteurs et du système de décision), le sous-système **économique** qui envisage la ville comme un organisme produisant et consommant des biens et services, mettant en jeu des investissements qui nécessitent des ressources... et le sous-système **morphologique**. Quelle que soit l'approche privilégiée par une étude urbaine, la ville doit être considérée comme **un système global complexe** dans lequel " tout a une influence sur tout " (I. Lowry).
- L'évolution des macro-formes urbaines est très liée aux **mutations des systèmes de transport** (R. ALLAIN, Morphologie urbaine, p.55) ; *Systèmes de transport et de flux*

- La ville est un système spatialisé complexe et ouvert, " **un ensemble (complexe) d'éléments en interaction organisés en fonction d'un but** "(J. de Rosnay, 1975)
- La notion de système implique celle de cohérence entre les éléments, mais aussi d'**interaction** ou de relations dialectiques, surtout si l'on considère **la forme urbaine** comme un " **processus continue** " (C. Aymonino)

Théorie de " Urban form in the Arab world " de Bianca Stefano

Bianca Stefano a analysé comment la ville islamique s'est développée par des simples composants morphologiques sous l'ordre environnemental, culturel et historique dans son livre, " *Urban form in the Arab world, past and present*, 2000 ". Cette théorie démontre les divers composants urbains dans les différents échelles et ça nous permet de projeter l'idée de l'auto-organisation de la ville contemporaine.



Fig. T.2 : forme urbaine de Fez extrait de Bianca Stefano, *ibid*, 2000

Plus spécifiquement, selon le cas de Fez, Maroc, le système de la ville islamique s'est distingué clairement par les éléments principaux et leurs combinaisons aux étapes successives ci-dessus ;

1. Structure typique d'un ensemble des maisons avec cour intérieur autour de Cul-de-sac ramifiée.
2. Structure d'une zone résidentielle composée par unités individuellement accessibles.
3. Système traditionnel composé par les éléments principaux tels que la mosquée, les marchés centraux et les nombreuses unités résidentielles
4. La ville complexe composée par l'ensemble des éléments comme maisons, groupes d'habitat, systèmes urbains

Particulièrement, l'étape 3. indique l'établissement d'un système complet par **notion de centre et de mixité**. Les configurations principales de la ville historique d'Arabe sont habituellement représentées par une structure de **noyau multifonctionnel** incluant la mosquée entouré par multi couches de suqs. En règle générale, ceux-ci sont entremêlés avec un certain nombre de *hammams*, de *madradas* et de *caravansérails*, qui constituent le sous système pour la mosquée et les magasins.²

Par une série de processus de centralisation, d'entourage et d'incorporation d'éléments en traversant des différentes échelles, **les systèmes de la ville sont produits avec formes différenciées mais totalement homogènes**.

Cette recherche sur la forme de villes d'Arab basée sur le processus de transformation nous permet de poser la question de la structure évolutive de la ville contemporaine du point de vue de système. La structure globale peut être redécouverte par l'identification des systèmes de la ville constitué par des divers éléments. En plus, la notion de centre urbains soit redéfinie selon la mixité et la transformation successive.

Theorie de " Neighborhood complex "

La théorie de nouvelle organisation d'une " ville ", *Neighborhood complex* a été pratiquée avec un grand succès au début du 20^{ème} siècle aux Etats-Unis. Le " *cluster neighborhood* " qui se caractérise par point de vue de la centralité, de juxtaposition des systèmes et de distance à pied. Cette théorie nous a servi comme base de comparaison et nous a aidé à définir le caractère du *milieu continu* que nous proposons.

L'élément " *neighborhood* " est suffisamment grand pour supporter une école primaire, des petits commerces, et des équipements de divertissements. Il est assez petit pour l'identification personnelle et

² The main land-use patterns of historic Arab-Muslim city are usually focused on a multifunctional core structure enveloping or at least partially surrounding the central mosque by different layers of interconnected suqs. As a rule, these are interspersed with a number of hammams, madrasas and caravanserais which constitute the support system for the mosque and the retail shops. Bianca Stefano, *Urban form in the Arab world, past and present*, 2000, p.143

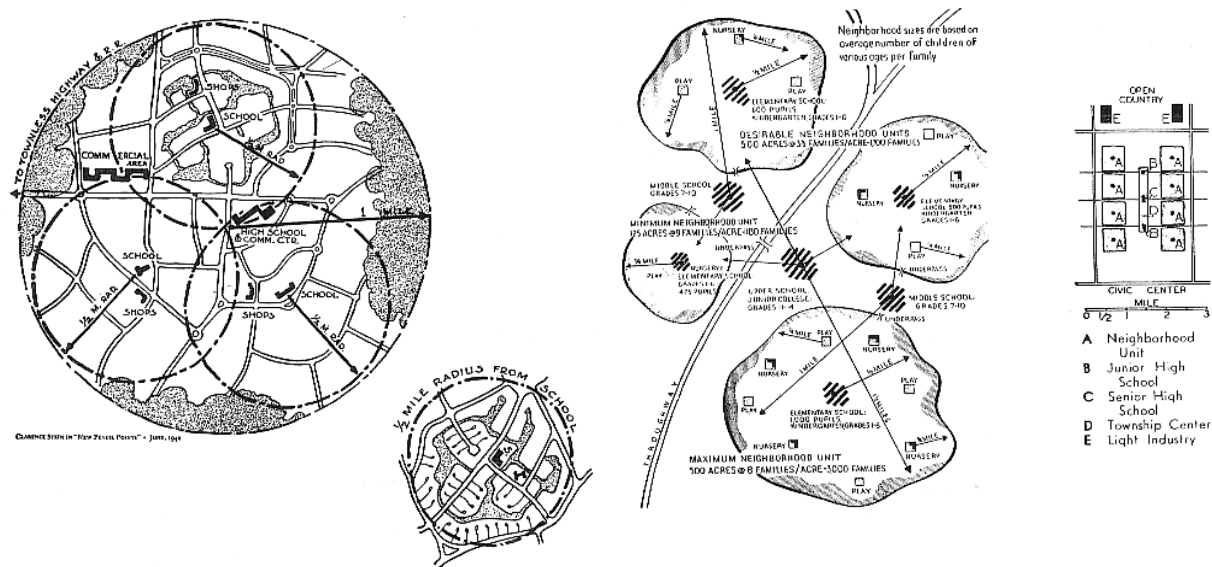
cependant assez grande pour permettre des rapports collectifs. Le *neighborhood* est un élément de base nécessaire à la planification urbaine.

Quelques principes d'idées de cette théorie de Clarence Perry sont ;

- Les routes principales ne traversent pas l'unité résidentielle
- Les rues intérieures de l'unité sont en " cul- de-sac "
- On vise 5000 habitants (moyenne 3000-4000 habitants)
- L'école primaire se trouve au centre
- 160 hectares avec la densité de 10 familles par 1 acre, et 800 m de distance maximum jusqu'à l'école (distance à pied adaptée aux enfants)
- Les commerces, églises, la bibliothèque, et le centre communautaire se trouvent autour de l'école primaire

Le *cluster neighborhood* contient un nombre d'habitants suffisant pour supporter d'autres équipements éducatifs, sociaux, et économiques. Il peut être considéré comme un village ou une petite ville.

Ensuite, Clarence Stein a proposé le modèle basé sur le groupement de trois unités du *single neighborhood* en 1942. L'école primaire est toujours le centre de l'unité et se trouve dans un rayon de 800m de tous les habitants de l'unité du *neighborhood* composés par environ 1700 familles. Le groupement des unités résidentielles servies par lycée et un ou deux centre commerciaux s'établit dans un rayon de 1.6 km, distance adaptée à la marche.



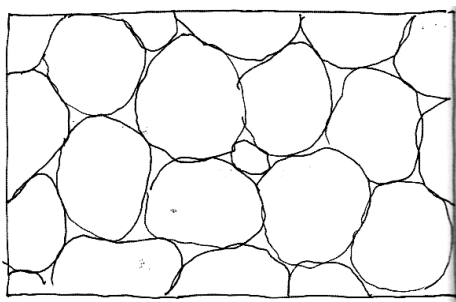
Figures. T.3 : The neighborhood units-Clarence Stein & The township units –José Sert, extrait de De CHIARA, Time saver standards for residential development, 1984

Ensuite, José Sert a proposé le modèle de " township " composé de 6-8 unités groupées. Il a redéfini l'unité comme ayant une distance maximale de 400m, établissant ainsi le nouveau standard de mesure pour la communauté. La densité d'unité est 2 à 3 fois plus élevée que celle de Stein afin que le township puisse se constituer de 56,000-80,000 habitants doté d'équipements régionaux pour le loisir, l'industrie légère ainsi qu'un centre administratif. C'était une réflexion qui s'est basé sur de nouvelles mesures et de nouveaux programmes collectifs à une autre échelle.

Theorie de " l'espace granulé " de Yona Friedman

Récemment en 2008, Yona Friedman propose une théorie d'urbanisme sur l'espace dans son œuvre, " l'ordre compliqué " se basant sur des théories de physique actuelle. Il essaie de construire une image personnelle de l'univers physique caractérisé sur la discontinuité. Il s'agit de " l'espace granulé ". Friedman suppose que *l'espace physique et l'espace géométrique ne sont pas identiques et que l'espace et le temps physique sont discontinus*.

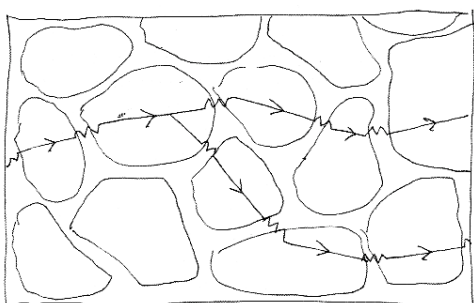
La discontinuité de l'espace et du temps peut être représentée en tant qu'une composition de particules infimes (mais pas infiniment petites) de granulés séparées par du vide. Friedman appelle ces particules des granules d'espace (et de temps), et leur ensemble l'" espace-temps granulé ".



Figures. T.4 : les granules d'espace, particules infimes de vide, extrait de FRIEDMAN Yona, *ibid*, 2008

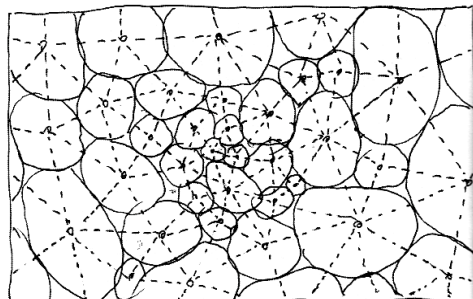
L'espace granulé consisterait ainsi en deux éléments complémentaires :

1. L'ensemble discontinu des granules d'espace.
2. L'ensemble quasi-continu du non-espace (qui forme une sorte de réseau s'étendant sur tout l'espace granulé).



Figures. T.5 : impulsion passant à travers les granules, extrait de FRIEDMAN Yona, *ibid*, 2008

Nous pouvons observer deux types de mouvement de particules. L'un est l'impulsion (émises, absorbées ou transmises d'un à l'autre) qui passe de granule en granule et l'autre traverse le non-espace qui enveloppe chaque granule. Ainsi, les granules sont discontinus mais continus par l'impulsion de granule en granule et le vide entre eux.



Figures. T.6 : l'espace granulaire a nécessairement une structure, extrait de FRIEDMAN Yona, *ibid*, 2008

L'ensemble des granules d'espace a une structure qui présente une densité localement variable. (voir fig.) Par contre, l'espace granulé est nécessairement holistique car chaque granule est déterminé par l'ensemble.

Plus précisément, dans l'ensemble structuré, chaque granule est unique et indispensable. Le comportement de l'espace granulé, gouverné par les décisions individuelles de chaque granule d'espace, introduit l'erraticité³ dans la physique.

Nous résumons les caractères de l'espace granulé proposé par Yona Friedman ci-dessous dans une structure holistique ;

- L'individualité
- La discontinuité
- La continuité par l'impulsion et le vide
- La densité variée

Theorie de lois de puissance en urbanisme

Le chercheur, Antonio Isalgue montre récemment (en 2007) un graphe concernant la loi de puissance d'animaux et de villes (Paris, Barcellona, NY, etc) dans la recherche, " *Scaling laws and the modern city* ". Le lien entre la consommation d'énergie (le métabolisme) et la masse d'animaux et de villes s'est calculé par le graphe ci-dessous ;

³ J'utilise le terme « erratique » dans le sens d' « imprévisible selon une régularité quelconque » donc d'une impossibilité de prévoir l'état d'un système tout en connaissant l'état qui le précède. Friedman, *ibid*, pp.55-56

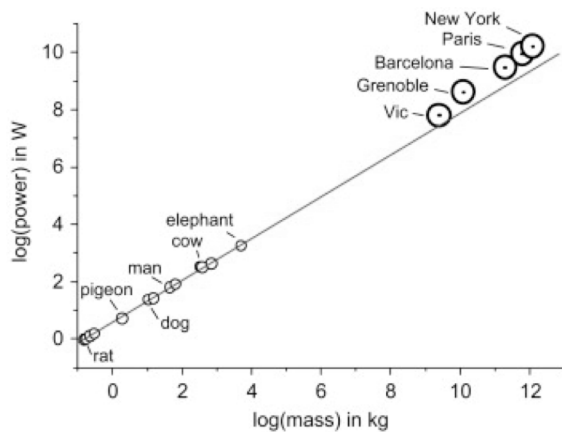


Fig. T.7 : Représentation du logarithme de la puissance métabolique contre le logarithme de la masse, pour quelques animaux et pour quelques villes

Et, nous voyons un autre exemple de loi de puissance concernant les services de distribution urbaine comme structure de la ville. Les chercheurs élaborent le lien entre le nombre d'établissement dans les domaines de services et le nombre d'habitants comme ci-dessous ;

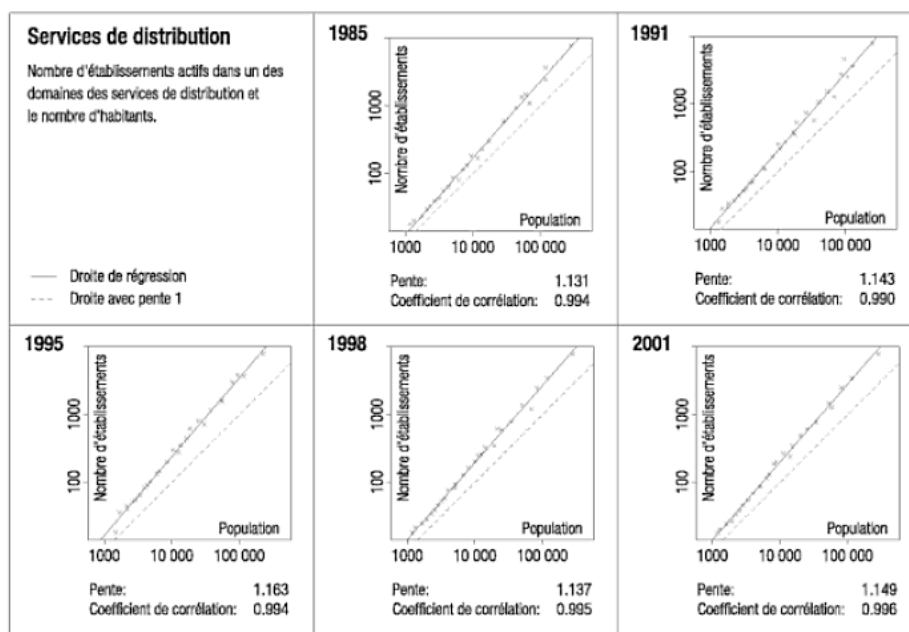


Fig. T.8 : Représentation du logarithme du service de distribution en Suisse entre 1985-2001⁴

⁴ extrait de Kaiser C. et Tuia D., *Structuration hiérarchique autosimilaire des réseaux de service suisse : une caractérisation par les lois de puissance*, Lausanne, PPUR, p.163

Bibliographie

- ALEXANDER Christopher, *The nature of order*, vol.1-4, Berkeley, CA : Center for Environmental Structure, 2002-2005
- ALEXANDER Christopher, *A pattern language : towns, buildings, construction*, New York : Oxford University Press, 1979
- ALLAIN Rémy, *Morphologie urbaine : Géographie, aménagement et architecture de la ville*, Paris: Armand Colin, 2004
- ANDRE Yves, *Enseigner les représentations spatiales*, Paris: Anthropos, 1998
- ASCHER François, *Les nouveaux principes de l'urbanisme*, Paris : Edition de l'Aube, 2001 et 2004
- AUTHIER Jean-Yves, *Le quartier*, Paris : La Découverte, 2006
- BACRY Henri, *La symétrie dans tous ses états*, Paris : Vuibert, 2000
- BAILLY Antoine et HURIOT Jean-Marie (dir.), *Ville et croissance : Théories, modèles, perspectives*, Paris: Anthropos, 1999
- BALL Philip, *The self-made tapestry: Pattern formation in nature*, Oxford, 1999
- BASSAND Michel, *La métropolisation de la Suisse*, Lausanne : PPUR, 2004
- BATTY Michael. *Cities and complexity: understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals*. Cambridge: MIT Press, 2005
- BECUE Vincent et TELLER Jacques, *Comment concevoir un quartier « Multifonction » pour promouvoir un développement urbain durable ?*, COM(2004)60 Final, Vers une stratégie thématique pour l'environnement urbain.
- BEJAN Adrian, *Shape and structure, from engineering to nature*, Cambridge: Cambridge university press, 2000
- BENEVOLO Leonardo, PEYRE Catherine (trad.), *Histoire de la ville*, Roqueaire : Edition Parenthèse, 1983
- BENENSON, I., THORRENS, P. M.: *Geosimulation : Automata-based modeling of urban phenomena*. Chichester, England : John Wiley & Sons Ltd., 2004
- BIANCA Stefano, *Urban form in the arab world, past and present*, Zurich : vdf, 2000
- BERGER Patrick et NOUHAUD Jean-Pierre, *Formes cachées, La ville*, Lausanne : PPUR, 2004
- BOFFET A., *Généralisation cartographique et description des espaces urbains*, BAGF , 2002-3
- BOFFET, A.: *Méthode de création d'informations multi-niveaux pour la generalization cartographique de l'urbain*. Thèse de Doctorat soutenue en 2001. Université de Marne la Vallée, 2001
- BONABEAU E., DORIGO M. THERAULAZ G., *Swarm intelligence : from natural to artificial systems*, Oxford University, 1999
- BOUDON Philippe, *Echelle(s) : L'architecturologie comme travail d'épistémologue*, Paris : Anthropos, 2002
- BOURGINE P. et LENSE A. (dir.), *Morphogenèse*, Paris : Belin, 2006
- BUHL J., GAUTRAIS J., REEVES N., SOLÉ R.V., VALVERDE S., KUNTZ P. et THERAULAZ G., *Topological patterns in street networks of self-organised urban settlements*, B49, 513-522, Eur.Phys.J.B, 2006, p.2
- CAMPER J-F., *Les nouveaux mondes: Mégapoles*. Le Monde: Dossiers & Documents, N.369.Nov.2007

CARBONNE A., GROMOV M. et PRUSINKIEWICZ P., *Pattern formation in biology, vision and dynamics*, Singapore: World Scientific Publishing, 1999

CARNEIRO C., GOLAY F., SILVA V., PLAZANET C., PARK J.-J., *GIS and LIDAR Data Analysis for the Integration of Multidimensional Indicators on Urban Morphogenesis, Multi-agent Vector Based Geosimulation*, Beniamino Murgante, Giuseppe Boruso, and Alessandra Lapucci (Eds.), *Geocomputation and Urban Planning, Studies in Computational Intelligence*, volume 176, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009

CLAVAL Paul, *Géographie régionale : De la région au territoire*, Armand Colin, 2006, p.134

CONZEN P. ET MICHAEL P., *Thinking about urban form : Papers on urban morphology*, Peter Lang Pub Inc. 2004

DARVAS György, *Symmetry*, Basel : Birkhäuser, 2007

De CHIARA, *Time saver standards for residential development*, Mc Graw Hill, 1984

DE MEURON Pierre et SCHUMID Christian, *Quelles visions pour le territoire suisse ?*, N.133, 2007 : TRACES, p.7

DIENER R., HERZOG J., MEILI M., DE MEURON P. et SCHMID C., *La Suisse Portrait urbain*, Bâle : Birkäuser, 2006

DORTIER J.-F., Des fourmis à Internet : Le mythe de l'intelligence collective, *Science Humaines*, N°169, Mars 2006

FERBER Jacques, *Les systèmes multi-agents : Vers une intelligence collective*, InterEditions, ISBN 2-7296-0665-3. 1997

FRANKHAUSER Pierre, *La fractalité des structures urbaines*, Paris : Anthropos, 1994

FRIEDMAN Yona, *L'ordre compliqué*, Paris : Editions De L'eclat, 2008

GILLHAM Olivier, *The limitless city, A primer on the urban sprawl*, Island Press, 2002

GEIPEL Finn, Giulia Andi et Equipe LIN, *Métropole Douce : Hypothèses sur le paysage Post-Koyto*, Jean michel place : Paris, 2009

GOMBRICH E.H., *The sense of order : A study in the psychology of decorative art*, Oxford : Phaidon, Second edition, 1984

HILLIER Bill, *Space is the machine: a configurational theory of architecture*, Cambridge University Press, 1996

HILLIER Bill and HANSON Julienne, *The Social Logic of Space*, Cambridge University Press, 1989

ISRAEL Giorgio, *La mathématisation du réel*, Paris : Seuil, 1996

JACOB François, *La logique du vivant, une histoire de l'hérédité*, Paris : Editions Gallimard, 1970

JENSEN Pablo, A network-based prediction of retail stores commercial categories and optimal locations, *Physical Review E*, septembre 2006

KEPES Gyorgy(dir.), *Module, proportion, symétrie, rythem*, Bruxelles : La connaissance, 1966

KOSTOF Spiro, *The city shaped: Urban patterns and meanings through history*, London: Thames and Hudson, 1991

LABORIT Henri, *L'homme et la ville*, Paris : Flammarion, 1971

LALAND N. Kevin et COOLEN Isabelle, *De la culture jusque dans nos gènes*, Les dossiers de la recherche N° 271, Mai 2007, pp.84-89

LE CORBUSIER, *Le poème de l'angle droit*, Paris : Fondation Le Corbusier, 1989

- LECUREUIL Jacques, *La programmation urbaine : nécessité et enjeux, méthode et application*, Paris: Le moniteur, 2001
- LÉVY Albert, *Formes urbaines et significations : revisiter la morphologie urbaine*, Espaces et sociétés 2005-4(n°122, 2005
- LI X., YEH, A. G. *Modelling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS*. In The International Journal of Geographic Information Science, Vol. 14, No. 2, p. 131-152. 2000
- LYNCH Kevin, *The image of the city*, Cambridge and London : The M.I.T. Press, 1960
- LYNCH Kevin, *City sense City design*, Cambridge and London : The M.I.T. Press, 1990
- LYNCH Kevin, *A theory of good city form*, Cambridge and London : The M.I.T. Press, 1981
- LOEB Arthur L., *Space structures : their harmony and counterpoint*, Massachusetts : Addison-Wesley Publishing Company, 1976
- MARSHALL Stephen, *Cities, design & evolution*, NY : Routledge, 2009
- MAZIERES François(dir.), *P. Berger, Leçon inaugurale de l'Ecole de Caillot*, prononcée 15 novembre 2005
- MALVERTI Xavier et PINON Pierre, *La ville régulière : Modèles et tracés*, Paris : Picard, 1997
- MERLEAU-PONTY, *Phénoménologie de la perception*, Gallimard, 1945
- MORGAN Lewis H. *Houses and Houses-life of the american aborigines*, Chicago&London : The University of Chicago Press, 1965
- MORIN Edgar, *La méthode: 1. La Nature de la Nature*, Paris: seuil,1977
- MORIN Edgar, *La méthode: 2. La vie de la vie*, Paris: seuil,1980
- MORINI Mario, *Atlante di storia dell'urbanistica*, Milan : Ulrico Hoepli, 1963
- NEWMAN M.E.J., *The structure and function of complex networks*, Computer Physics Communications, Volume 147, Issues 1-2 , 1 August 2002, Pages 40-45
- PLAZANET Corinne(Réd), *Morphogenèse de la métropole : Rapport final, Prof. Berger,Labo.UTA-INTER-EPFL*,2008
- POIRIER Hervé, *L'intelligence de la nature : Théorie constructale*, SCIENCE & VIE, 2003, Nov. N°1034
- Portugali, J.: *Self-Organisation and the City*. Berlin : Springer-Verlag (2000)
- RABIE J, *Towards the simulation of urban morphology*, Environment and Planning B: Planning and Design, 1991, volume 18
- ROSEN Joe, *Symmetry rules: How science and nature are founded on symmetry*, Springer, 2008
- ROSSI Aldo, *The architecture of the city*, MIT, 1984
- SAARINEN Eliel, *The city: its growth, its decay, its future*, Cambridge: MIT Press, 1943
- SALINGAROS Nikos A., *Principles of urban structure*, Techne : DSP, 2005
- SAUVY Jean et Simone, *L'enfant à la découverte de l'espace*, Casterman/Poche, 1972
- SCHÄRLIG Alain, *Où construire l'usine ? : la localisation optimale d'une activité industrielle dans la pratique*, Paris : DUNOD, 1973
- SEGAUD Marion, *Anthropologie de l'espace : Habiter, fonder, distribuer, transformer*, Paris : Armand Colin, 2007

SEMBOLONI F., The growth of an urban cluster into a dynamic self-modifying spatial pattern, *Environment and Planning B*, vol 27, 2000

SITTE Carlo, *L'Art de bâtir les villes : L'urbanisme selon ses fondements artistiques*, Paris : Edition du Seuil, 1996

SIVARDIERE Jean, *La symétrie en mathématiques, physique et chimie*, Grenoble : Presses Universités de Grenoble, 1995,

THERAULAZ G., *Topological patterns in street networks of self-organized urban settlements*, *Phys.J.B* 49, 513-522, 2006

VERCELLONI Virgilio, *La cité idéale en occident*, Edition du Félin, 1996

VERON Jaques, *L'urbanisation du monde*, Paris : La découverte, 2006

WALSER Hans, *Symmetry*, HILTON Peter (trad.), The mathematical association of america, 2000

WEIBEL E. R., *Symmorphosis : on form and function in shaping life*, Harvard University Press, 2000

WEYL Hermann, *Symetry*, Princeton, New Jersey : Princeton University Press, 1952

ZWIRN Hervé P., *Les systèmes complexes : Mathématiques et biologie*, Paris : Odile Jacob, 2006

PARK, JONG-JIN

né le 27 Janvier 1972 à Jeonju , Corée du Sud

Architecte EPFL, Suisse

FORMATION

2005- Assistant d'atelier Prof. Patrick Berger & Assistant-doctorant pour projet théorie, "*Morphogenèse*" dans Labo. UTA-INTER-EPFL

2005 Master à l'EPFL avec Prof. Patrick Berger et Prof. Inès Lamunière / Théorie & Projet : *une promenade vers un Paris insulaire*

1999 Master à l'Univ. Kyunghee, en Corée/ Théorie & Projet : *A Study on the Planning of a Film Cultural Center in the Centural District*

1997 Bachelor à l'Univ. Kyunghee, en Corée/ Projet : *New Urban Strategy for Séwoon-Commercial Center*

RECOMPENSES

2008 "*Auf der anderen seite*", 7ème prix/Concours pour une maison d'étudiants à ETHZ avec Soh, H.S.

2005 "Prix Olando Lauti" à l'EPFL / La meilleure moyenne 2^e cycle incluant le projet de Master

2000 "The Shinken-chiku International Residential Design Competition" au Japon : Mention Honorable par Toyo-Ito./ *No Boundary But Territory* (participé avec M. Choi, Chang-Hak et M. Park, Young-Sung)

1998 "17^{ème} Concours National d'Architecture de Corée": Sélectionné / *The Volumetric Façade within the streets*

PROJETS PROFESSIONNELS

2002-3 "Bâtiment d'immeuble Rte. de Berne 46" Stage et Participation au Projet dans le bureau d'architectes Richter et Dahl Rocha, Lausanne, Suisse

1999 "K-bâtiment" Projet d'Immeuble Participation avec Prof. Kim à Dukso, Corée

1993 "Musée National de Corée" Participation de Recherche & d'Information pour Les Participants au Concours International

PUBLICATION SCIENTIFIQUE

Articles 2009 "*Dynamics of urban centre and concepts of symmetry: Centroid and Weighted mean*": Nexus 2010, The VIII international, interdisciplinary Nexus conference for architecture and mathematics, 13-15 June 2010 in Porto, Portugal (accepted and on the preparation)

2009 "*GIS and LIDAR Data Analysis for the Integration of Multidimensional Indicators on Urban Morphogenesis, Multi-agent Vector Based Geosimulation*", Claudio Carneiro, Francois Golay, Vitor Silva, Corinne Plazenet, Jong-Jin Park

Beniamino Murgante, Giuseppe Boruso, and Alessandra Lapucci (Eds.) *Geocomputation and Urban Planning, Studies in Computational Intelligence*, volume 176, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009

Poster 2009 "*Ville contemporaine et lois de symétrie*": INTER-EPFL Poster Session, 29 SEP 2009

LANGUES PARLEES

Coréen (Langue Maternelle) : Anglais : Français

Bureau: BP4134, EPFL Tél.: +41 79 778 1394(Suisse), +82 63 252 1952(Corée du Sud)
E-MAIL: jong-jin.park@epfl.ch , aquarelle7@hotmail.com

Remerciement

Je remercie mes collègues du laboratoire de l'UTA, Catherine Cotting, Dirk Brokmann, Grégoire Martin, Rima Barmada et également Andrea Calanchinni et Darius Golchan qui m'ont toujours encouragé.

Mes remerciements vont également au Dr. Corinne Plazanet qui a bien conduit la recherche interdisciplinaire et au doctorant Vitor Silva.

Je remercie également l'équipe de la bibliothèque d'architecture, EPFL, Steven Gheyselinck, Elisabeth Becker, Chantal Blanc, Catherine Senechaud qui m'ont laissé travailler avec plaisir autour des livres. Et aussi Lydia Roduit qui a toujours m'encouragé et Sylvette Renfer qui m'a beaucoup aidé pour l'administration.

Je remercie très chaleureusement mes amis Vincent Messarra (ta correction m'a sauvé), Catherine Schmutz (ta générosité qui me touche beaucoup), Fiona Pio (du courage pour le doctorat), Paola Tosolini (ta recherche m'a beaucoup aidé), Yanick Aeby & Rafaël cachin (merci pour la discussion sur la représentation), Nadia Kayat (ta mère Brigitte aussi... j'ai toujours aimé discuter avec toi) et Mélanie Monks (tu m'as beaucoup aidé depuis le début) qui ont passé beaucoup de temps pour correction et relecture. J'espère que vous avez eu aussi un peu de plaisir avec les textes. Je remercie aussi Hyung-Sup Soh (notre projet au milieu de la recherche m'a fait respirer). Je remercie mes amis de « Sokuhe » qui m'ont toujours donné du courage. Je remercie aussi ma voisine, Marie-Claire Corminboeuf et son chien, Zazou. J'ai vécu chez toi plus 8ans en regardant le lac. Ça m'a donné tant de joie.

Je tiens beaucoup à remercier Didier challand et Irène Vogel chevroulet. Nous étions souvent ensemble à l'école pendant la nuit, le week-end et les vacances en se soutenant les uns les autres.

Je remercie les jurys de thèse, Dr. Darren Robinson, M. Finn Geipel, M. Emmanuel Caille, et Prof. François Golay. Je remercie aussi le Dr. Jeung-Eung Park, M. Christophe Guignard, Mme Monique Ruzicka-Rossier, le Prof. Georges Abou-Jaoudé, le Prof. Inès Lamunière de vos avis, conseils et encouragements. En particulier M. Yona Friedman qui a tant de générosité.

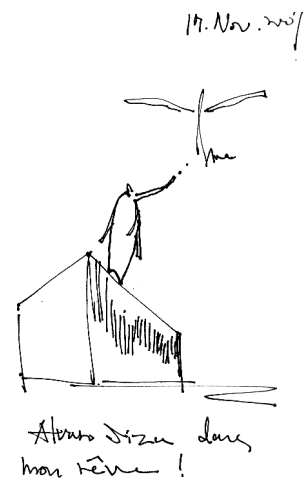
Je remercie spécialement Philippe Bonhôte, Bassel Farra, Janka Rahm et Isabelle Vallaza Vella qui me regardent, écoutent et m'attendent comme toujours.

Mes remerciements vont de tout mon cœur à mon directeur de thèse, le Prof. Patrick Berger. Vous êtes mon grand maître. Vous m'avez appris « l'architecture et la ville »... Je garde tous vos dessins qui m'ont fait tant réfléchir.

Enfin, je vous aime... mon frère Jong-Woong, ma sœur Jong-Suk, mon père An-Jai Park. Et je dédicace cette recherche à ma mère Il-Soon Ryu, qui est toujours dans mon cœur.

Et, je rêve encore...

en une soirée de Fév 2010, à St-Sulpice, jong-jin



Tout est forme, et la vie même est une forme
Balzac

